

Designförslag för Holmen Skogs nya omlastningsterminal i norra Sverige

*Design suggestions of Holmen Skog new wood terminal in
northern Sweden*

Erik Westin



Examensarbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Jägmästarprogrammet
Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2020:14
2021

Designförslag för Holmen Skogs nya omlastningsterminal i norra Sverige

Design suggestions of Holmen Skog new wood terminal in northern Sweden

Erik Westin

Handledare: Dan Bergström, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Bitr. handledare: Göran From, Holmen Skog

Examinator: Dimitris Athanassiadis, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurstitel: Masterarbete i skogsvetenskap, A2E - Skogens biomaterial och teknologi, 30 hp

Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Kurskod: EX0956

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2020

Omslagsbild: Erik Westin

Serietitel: Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Delnummer i serien: 2020:14

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Mätsystem, Design, Logistik, Rundvirke, Flis

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sammanfattning

Holmen Skog befinner sig i en besvärlig situation när det kommer till virkesanskaffningen då cirka 70 procent av skogsinnehavet är i norra Sverige och deras industrier befinner sig i södra och mellersta Sverige. Detta leder till att det krävs långväga transporter för att leverera virket till industrierna.

Placering och designen på en virkesterminal spelar stor roll för kostnadseffektiva och säkra leveranser, vilket i sin tur påverkar lönsamheten. Designen bör utformas så att interntransporterna och hanteringen av inkommande och utgående virkesvolymner minimeras samt att tiden för omlastning hålls nere.

Denna studie, som gjorts på uppdrag av Holmen Skog AB har syftet att ta fram tre designförslag på hur nya virkesterminaler kan byggas utifrån de årsvolymer som terminalförslagen ska hantera. Dessa är 300-, 500- respektive 700 000 kubikmeter. Holmen Skogs krav på terminalen är även att den skulle hantera både rundvirke och flis samt att omsättningshastighet och buffert skulle vara högst två veckor.

Metodiken som valdes för framtagningen av lagerdesignen baserades på Mohsen (2002) designmetod, ramverk för design av lagerhuslayout. Ramverket har modifierats för att vara tillämpbar på en virkesterminal.

De faktorer, fränsett byggkostnaden, som främst påverkar kostnaden för en terminal är mätsystem, maskinpark, investerings- samt driftkostnader. Av dessa är det driftkostnaderna samt kostnaderna för maskinparken som påverkar kostnaden mest. Totalkostnaden per hanterad kubikmeter för de två större terminalerna är relativt lika. Den minsta terminalen är dyrare per hanterad kubikmeter.

Nyckelord: Mätsystem, Design, Logistik, Rundvirke, Flis

Abstract

Holmen Skog is in a difficult situation when it comes to roundwood acquisition as most of their forest is located in northern Sweden, while their industries are in southern Sweden. As a result of this they need to transport the wood long distances.

The design of the terminal affects the profitability of the company. The focus on the design should therefore be to minimise unnecessary transportation, as well as of handling the wood, in order to minimize the costs.

The purpose of this study, which has been ordered by Holmen Skog, is to present three design suggestions on how a terminal should look. The volumes which the terminals will handle is 300-, 500- and 700 000 cubic meters. Holmen Skog demands on the terminal is that it could handle both roundwood and chips and that the rate of turnover is max two weeks.

The method used in this study is based on Mohsen (2002) framework for the design of warehouse layout. The framework was modified so it would be able to be used on a forest terminal.

The factors which will affect the cost brought up in this study, are the measuring system, the machine park, the cost of investment, as well as operating costs. The results show that the operating costs and the costs of the machine park are the two factors affecting the cost per cubic meter more than the others. The total cost per handled cubic meter for the two larger terminals are related. The smaller terminal is more expensive per handled cubic meter.

Keywords: Measurement system, Design, Logistic, Roundwood, Chips

Förord

Detta examensarbete är gjort på uppdrag av Holmen Skog och har genomförts vid institutionen för Skogens biomaterial och teknologi, Sveriges Lantbruksuniversitet i Umeå. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng.

Jag vill rikta ett stort tack till Per Rud-Pedersen vid Bastuträskterminalen AB, Per Henrik Evebring vid Njudung LogisikPartner AB, Olle Petersson vid Trätåg AB och Conny Nordendahl vid Nordmalings kommun för att de ställde upp att bli intervjuade. Sist men inte minst vill jag tacka mina handledare, Dan Bergström på SLU och Göran From på Holmen Skog som under hela arbetets gång gett feedback och delat med sig av sina kunskaper och erfarenheter.

Innehållsförteckning

Förkortningar och definitioner	7
1 Inledning	9
1.1 Virkesflöden i norra Sverige	9
1.2 Virkesflöden inom Holmen	10
1.3 Terminalers roll i flödet	11
1.3.1 Terminalutformning	11
1.3.2 Ägarstrukturer	12
1.3.3 Inmätning	13
1.4 Transport-/Logistiksystem	14
1.5 Studier på design av logistiksystem och terminaler för virkesflöden	15
1.6 Teoretiskt ramverk	17
1.7 Problemformulering – Holmen Skogs behov av ny terminal	18
1.8 Syfte	19
1.8.1 Frågeställningar	19
1.9 Avgränsningar	19
2 Material och Metoder	20
2.1 Inledande litteraturgranskning	20
2.1.1 Utsökning av litteratur	21
2.1.2 Urval	21
2.1.3 Litteraturanalys	22
2.1.4 Införskaffa informationen från litteraturen	22
2.2 Framställning av intervjufrågor och urval av intervjupersoner	22
2.3 Insamlat data från intervjuer	23
2.4 Metodik för design och analys	24
2.5 Ekonomiska beräkningar	31
3 Resultat	32

3.1	Steg 4: Skapa en generell layout på hela terminalen	32
3.2	Steg 5: Val av lagersystem och uttagningsprincip	33
3.3	Steg 6: Ankomstanterering	34
3.4	Steg 7: Uppdelning och design av lagerytorna	36
3.5	Steg 8: Design av maskinparken	37
3.6	Steg 9: Design av körvägarna	39
3.7	Steg 10: Bestämning av utrymmesbehov	40
3.8	Steg 11: Eventuell justering av den valda designen.	41
3.9	Sammanställning av de förslagna designerna	41
4	Diskussion	46
4.1	Metoden	46
4.2	Forskningsetiska aspekter	47
4.3	Resultatet	47
4.4	Studien trovärdighet	50
4.5	Osäkerheter i studien	51
4.6	Framtida studier	52
5	Slutsatser	53
	Referenslista	54
	Bilaga 1	58
	Bilaga 2	61
	Bilaga 3	62
	Bilaga 4	65

Förkortningar och definitioner

AI – Artificiell intelligens

Arbets tid – den tid som de anställda befinner sig i maskinen.

FFG – Frisk färsk gran.

FIFU – Först in först ut.

Gudrunbrygga – Kontaktledningens ändbrygga.

Höglyft – en timmerhanterande truck med en i höjdd led rörlig kran.

Lagerlayout – placering av lager på en begränsad yta.

Lagerplacering – geografisk plats för lager.

M³fub – kubikmeter fast under bark.

Massaved – virke som används för framställning av pappersmassa

Materialhanterare – en timmerhanterande truck likt en grävmaskin.

Mättnadsgrad (uppnådd) – när nya intervjuer inte tillför något nytt

Nod – en geografisk plats.

Produktiv skogsmark – Skogsmark som kan i genomsnitt producera minst en m³/ha

RNR – Redovisningsnummer, varje enskild mätning får ett RNR. En lastbil med flera ägare på virket kan få flera RNR.

Servicenivå – nivån för en funktion eller aktivitet som tillför värde till en mottagare.

SIFU – Sist in först ut.

Skogsterminal – En terminal som hanterar skogsprodukter

Städresterna – biprodukter som blir kvar efter att virket hanterats, t.ex. bark och små grenar.

Utlastningsplatserna – Platsen där järnvägsspåren som lämnar terminalen.

Utnyttjandegrad – Andelen utnyttjad volym utifrån den tilltänkta volymen.

Varmgång – en okontrollerad temperaturstegring.

Vedvolymprocenten - andelen ved av den tänkta lådans volym

1 Inledning

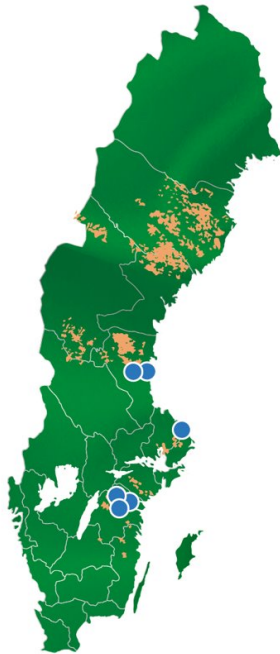
1.1 Virkesflöden i norra Sverige

Skogen och skogsindustrin i Sverige har en viktig roll både för landets ekonomi och för det framtida klimatet. De senaste åren har efterfrågan på skogsprodukter, främst massaved ökat och den förväntas fortsätta öka kraftigt (Letser, 2018), vilket är ett resultat av den ökade efterfrågan på kartong i Sverige och övriga världen (Sennerdal, 2016). Detta har lett till stor utbyggnation av fiberbruken i framförallt Sverige och Finland. Konkurrensen på massaved har därmed ökat för Holmen. Holmens sågverk i Braviken i Norrköping planerar en betydande kapacitetsökning vilket innebär att också behovet av sågtimmer kommer att öka inom en snar framtid (Holmen, 2019a).

De transportalternativ som finns i Sverige för rundvirkestransporter är i volymmässigt fallande ordning lastbil, tåg och båt (Skogsstyrelsen 2014). Långväga inrikestransporter sker främst via tåg även om båttransporter förekommer (Lumsden, 2012). Vid kortare transporter är lastbil ett mycket flexibelt och effektivt transportsätt. Lastbil hämtar alltid virket i skogen och kör det antingen direkt till industrin eller en omlastningsterminal där det lastas om till tåg eller båt. Det förekommer även omlastningsterminaler som lastar om från tåg eller båt till lastbil. Tåg är kostnadseffektivt vid långa transporter, dock är flexibiliteten lägre jämfört med lastbil. Båttransporter sker främst vid import av virke från länderna kring Östersjön samt från t.ex. Sydamerika.

1.2 Virkesflöden inom Holmen

Holmen Skog äger idag cirka 1 miljon hektar produktiv skogsmark. Bolaget befinner sig i en besvärlig situation när det kommer till virkesanskaffningen då cirka 70 procent av skogsinnehavet är i norra Sverige och Holmen Skogs industrier befinner sig i södra och mellersta Sverige (Holmen 2019b).



Figur 1. Orange områdena visar Holmens skogsinnehav och blå prickarna markerar Holmens egna industrier (Holmen, 2019b)

Figure 1. The orange areas illustrate Holmen forest and the blue dots are Holmen industries (Holmen, 2019b)

Vid transporter över stora avstånd (>30mil) mellan skogen och industrin är transporter med järnväg kostnadseffektiva. För att möjliggöra järnvägs-transporter krävs en omlastningsterminal eftersom virket alltid hämtas med bil i skogen. För att transporterna ska bli så effektiva som möjligt krävs att det finns terminaler anpassade både för flis och rundvirkeshantering i nära anslutning till Holmen Skogs skogsinnehav samt att det finns god järnvägsförbindelse till de mottagande industrierna (Edlund, 2014).

1.3 Terminalers roll i flödet

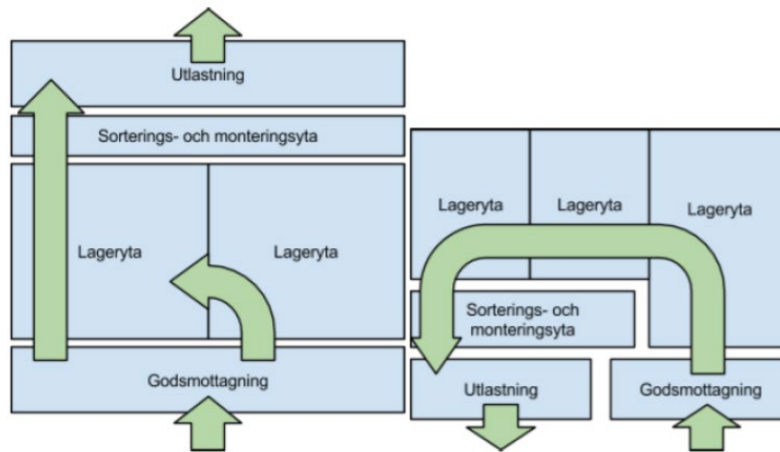
Transporter såväl till industrier samt inom industriområdet står för en betydande del av den totala hanteringskostnaden. Virkesflödet, transporter och omlastning mellan olika transportmedel måste vara effektivt för att minska kostnaderna.

Logistik är läran om effektiva flöden och syftar till att materialet som hanteras finns på rätt plats vid rätt tid (Lumsden, 2006). Internlogistik handlar om flöden inom ett företag t.ex. hanteringen inom en terminal. En bra internlogistik bidrar till högre effektivitet, bättre ekonomi och miljö. Minskade transporter leder till lägre arbetskostnad, effektivare ytanvändning och mindre bränslekonsumtion (Lundahl, 2009), vilket ger både lägre driftkostnader och minskade utsläpp av växthusgaser.

1.3.1 Terminalutformning

Vid utformningen av en terminal är målet att skapa ett effektivt flöde med en hög utnyttjandegrad av arbetskraft, maskiner och ytor. Ytorna måste vara utformade så att lastmaskiner och lastbilar på ett effektivt sätt kan ta sig till och från last-/lossningsplatserna. Lagerplaceringen av virke kan antingen vara fast eller flytande. Med en flytande placering menas att materialet lagras där det finns plats över, vid en fast placering har allt som hanteras en förutbestämd plats på terminalen (Lumsden, 2012). Det går även att kombinera dessa två typer av lagerplaceringar. Det finns för- och nackdelar med båda principerna. Vid designen av lagret är det viktigt att välja en lagerdesign där det går att hålla en hög omsättningshastighet och att minimera inlåsningen av virket. Inlåsning uppstår när det inte går att komma åt en volym virke då det ligger någonting i vägen, t.ex. ett annat virkessortiment. Detta resulterar i att lagringstiden för de inlåsta vältorna ofta blir långa (Spjut, 2019). Lagerlayouten kan vara linjär eller U-formad, beroende på hur mottagningen respektive utlastningen är placerad. I den linjära lagerlayouten är mottagningen på ena sidan och utlastningen på andra, vilket ger ett linjärt flöde genom hela lagret. För den U-formade layouten är mottagningen och utlastningen på samma sida, vilket resulterar i att flödet måste gå i en U-form för att passera alla steg (Figur 2) (Jonsson & Mattson, 2011). Det är viktigt att inte bara maximera lagerutnyttjandet utan att ta hänsyn till service-nivån d.v.s. möjligheten att hantera virket på terminalen (Tompkins, et al.,

2010). En avvägning mellan terminalyta och hantering av virket på terminalen måste hittas. Ett kompakt lager riskerar inlåsning av virke vilket minskar servicenivån.



Figur 2. Visualisering av linjärt flöde och U-format flöde (Jonsson & Mattson, 2016)

Figure 2. Visualization of a linear flow and a U-shaped flow (Jonsson & Mattson, 2016)

1.3.2 Ägarstrukturer

Det finns två olika huvudtyper av terminaler utifrån ägarstrukturen, öppna och slutna terminaler. En öppen terminal är en terminal där ett eller flera företag äger terminalen och har avtal med andra företag om att nyttja terminalen. En sluten terminal är en terminal som ägs av ett eller flera företag som nyttjar hela terminalen själva. Det finns för- och nackdelar med båda typer av ägarskap. Det beror helt på företagets situation och företagsstrategi. Öppna terminaler har t.ex. bättre kostnadseffektivitet medan slutna terminaler har bättre konkurrensfördelar (Enström, et al., 2013). De öppna terminalerna har större möjligheterna till samlastning och retur (Enström, 2013). De slutna terminalerna är företagsspecifika vilket betyder att företagen själva bestämmer över terminalen vilket ger större flexibilitet vid hanteringen på terminalen. Företagen själva väljer hur mycket och hur länge virket ska lagras mm. Företagets beslutsvägar blir enklare när de inte behöver förhandla med någon annan.

Holmen Skog nyttjar idag främst öppna terminaler. Vännäs virkesterminal är deras enda slutna terminal (From, 2019)

1.3.3 Inmätning

Kameramätning har blivit vanligare de senaste åren jämfört med manuell mätning. Inmätningen av virket upplevs idag som en flaskhals. Med kameramätningen ökar flexibiliteten. Risken för köbildning minskar och därigenom minskar tiden för mätningen.

Kameramätningens ökade popularitet grundar sig på de många fördelar som finns (SDC, 2018). Kameramätning har idag en relativt låg investerings- och driftkostnad jämfört med manuell mätning i Sverige. Kameramätning är ett väl beprövat system vilket innebär att risken för problem är liten. Det finns flera andra metoder för mätning av virket t.ex. laserteknik och bemannade mätstationer men dessa har ett högre pris per kubikmeter jämfört med kameramätning. Det jobbas idag mycket med AI system för bedömning av virke. Förhoppningen är att inom några år kunna ersätta delar av den manuella bildbedömningen med AI (Andersson, 2019). Kameramätningen har idag en hög noggrannhet och enhetlighet. (SDC, 2018). Med kameramätning går det att ha terminalen öppen under en längre tid under dygnet utan att driftkostnaderna ökar i någon större omfattning, detta eftersom de inte kräver samma bemanning. En terminal som har längre öppettider minskar risken för köbildningen eftersom det brukar bli en jämnare spridning av inkommande virkesbilar (Börjegren, 2011). Längre öppettider på en mottagningsplats underlättar även för transportentreprenörerna att optimera sina rutter, vilket leder till att utnyttjandegraden hos fordonsflottan ökar (Lindström, 2010). Detta då det ofta är mindre kö och transportentreprenörerna kan anpassa när de ska lämna av virket. En mottagningsplats öppettider är enligt Lindström (2010) en av de viktigaste faktorerna som påverkar transportentreprenörernas lönsamhet. Stillastående fordon bör i största möjliga mån undvikas då det innebär onödiga kostnader både för skogsföretagen och transportföretagen/entreprenörerna.

Vid lagring av flis är underlaget som flisen ligger på viktigt. Flis med hög andel föroreningar är svårare att processa. Flisen bör lagras på asfalt eller liknande hårt underlag för att det ska bli så lite föroreningar som möjligt i flisen. (Enström, 2013). Att lagra flis på en grusplan eller direkt på marken är därför inte att rekommendera. Ett annat problem som uppkommer vid lagring av flis är varmgång i stackarna. Det går snabbt att komma upp i temperaturer som riskerar självantändning. När stacken är ny stiger temperaturen snabbt för att sedan avta och stabiliseras på en temperatur mellan 40 och 60 grader Celsius beroende på positionen i stacken. (Jirjis, et al., 1993). Vid

hantering av stora volymer måste risken för bränder och omfattande torrsubstansförluster beaktas. Det är därför viktigt att ha en tydlig och genomtänkt plan innan byggnationen av flisstackarna börjar. Flisshantering på terminaler är idag välstuderad. Det finns en stor kunskapsbank att hämta kunskap från när det kommer till både layout och design.

1.4 Transport-/Logistiksystem

Tågen som Holmen Skog idag har tillgång till är två stycken RC/RD lok som drar 27st SGNSS vagnar. RC/RD lok är ett ellok som kan kopplas samman med fler lok för att öka dragkraften. SGNSS vagnarna är 20 meter långa, kan lasta en volym av cirka 70 kubikmeter och är specialanpassade för att hantera rundvirke. Tillsammans blir det 540 meter vagnar. Bruttovikten är 2400 ton per tågset och nettovikten är 1780 ton (Holmen, 2019a).

Holmen Skog avverkar idag cirka 1,5 miljoner m³fub barr på egen skog i norra Sverige. Det är ungefär lika mycket timmer som massaved som avverkas (From, 2019).

När terminalen planeras är det viktigt att ha i åtanke vilken typ av uttagningsprincip som ska tillämpas. Det två vanligaste är FIFU och SIFU. Inom rundvirkeslagring är FIFU vanligast eftersom virke är en färskvara. Allt virke som kommer till terminalen med denna princip lagras ungefär lika länge. Med SIFU kan, i teorin den totala lagringstiden bli oändlig. Den vanligaste orsaken till att SIFU inträffar är att virke blir inlåst. Den så kallade inlåsnings-effekten. Det krävs då att lagret ommöbleras för att få ut det inlåsta virket, en tidskrävande åtgärd som bör undvikas (Lumsden, 2006).

Maskinparken har stor betydelse för terminalenseffektivitet och driftskostnad. Har maskinerna en hög effektivitet samt en effektiv arbetsmetod krävs det ett mindre antal maskiner och färre anställda. Maskinparken har även betydelse när det kommer till behovet av lageryta på terminalen. Med en maskinpark som kan stapla högt minskar behovet av lageryta och tidsåtgången för hanteringen av virket minskar. Enligt Berglunds (2014) tidsstudie av timmerplan bestod 61 procent av maskinernas arbetstid av maskinflyttningar. Berglund (2014) resultat visar på att ökar höjden på travarna minskas medeltransportavståndet vilket leder till att utnyttjandegraden på maskinerna ökar. Enligt Skärberg och Sundströms (2017) studie kring maskinval var materialhanteraren Sennebogen 830 log var den mest ekonomiska maskinen då den har möjlighet att bygga höga vältor och har lägre

bränsleåtgång per timme jämfört med de andra maskinerna i studien. Sennebogen 830 log är en materialhanterare som har en sidledes rörlig kran vilket minskar tidsåtgången kraftigt då den kan stå stilla och hantera virket i sidled. Kranens räckvidd är cirka 17 meter vilket gör att den har möjlighet att ta virke från två parallella travar för att lasta ett tåg. En annan vanlig typ av truck är höglyftare som har en fast kran. En fast kran kräver att maskinen positionerar om sig från att den lyfter upp virket till att den ska lämna virket (Evebring, 2019). Det går även att komplettera med kranlossning från de lastbilar som är utrustade med kran. Detta är dock mycket ineffektivt då lastbilarnas kran och grip är avsevärt mycket mindre än t.ex. en höglyftares. Idag är en stor andel av lastbilarna redan utrustade med kran.

Vid flishantering spelar vagnstypen roll vid konstruktionen av lastområdet. Det kan behövas byggas ramper eller speciella last- och lossningsplatser för flishantering. Det som har mest påverkan på tidsåtgången när det gäller flishantering är medeltransportavståndet. Ju närmare tåget stacken är ju snabbare går det att lasta (Enström, 2009).

1.5 Studier på design av logistiksystem och terminaler för virkesflöden

Spjuts (2018) analys av Bastuträskterminalen är en studie som utgår från en redan existerande terminal och bland annat analyserar olika lagerdesigner för att minimera risken för inlåsning av virke. Resultaten som presenteras när det kommer till utformningen av lagret är av stor relevans när en ny terminal ska designas. Studien redovisar några olika förslag på placering av vältor i förhållande till spåren för att dels minimera inlåsning av virke samt för att minimera de hanteringskostnader som uppkommer i samband med de olika lagerlayouterna.

Internationellt finns det ett flertal studier som berör skogsterminaler. Några av dessa är Dramm, et al.,(2004) och Trzcianowska, et al.,(2019a). Trzcianowska, et al.,(2019a) vilka kom fram till att designen av en terminal för virke starkt påminde om varuhusdesign. Det är orsaken till att denna studie väljer en metodik baserad på varuhusdesign. De utländska studierna har andra förutsättningar jämfört med Sverige. Flertalet parametrar är dock lika och kan användas som en del i analysen. Trzcianowska, et al.,(2019a) undersökte även hur rundvirkesterminaler är designade i Kanada. De kom fram

till att dränering, tillgängligt utrymme och hanteringen av restmaterialet var de tre största begränsningarna på terminalerna där.

Tidigare studier kring effektivisering är mycket intressanta då de analyserar olika problem som uppstått på lagerytorna. Ett exempel på en studie som riktar in sig på effektivisering av timmerlager är Berglunds (2014). Studien behandlar många problem som har uppkommit under tidens gång och som är enklare att åtgärda inför byggandet av en ny terminal än att bygga bort på en redan existerande. Berglunds (2014) konstaterar att maskinflyttningar upptar 61 procent av tiden. Av dessa flyttar är 21 procentenheter utan virke, vilket är ett resultat av de långa transportavstånden. Minimeras transportavstånden ökar andelen av tiden som maskinerna ägnar sig åt värdeskapande aktiviteter. Detta är någon som bör tas hänsyn till vid designandet av en ny terminal.

Börjegrens (2011) analyserar olika typer av mätmetoder för rundvirke. Börjegen kom fram till att terminalerna kan ha öppet dygnet runt med hjälp av kameramätning utan att kostnaderna blir orimligt stora, då de slipper kostnaden för anställd personal som sköter mätningen på terminalen. Genom att analysera dessa studier kan problem förebyggas innan de uppstår. Det går även att ta lärdom av vilka problemområden som varit i fokus och vilka vetenskapliga metoder de har valt att använda sig av.

Det finns även en del studier som jämför olika typer av maskinsystem för hantering av flis och virke på terminaler. Sahléns (2020) studie där olika typer av maskinsystem för flishantering i norra Sverige har analyserats. Sahlén (2020) kom fram till att även för flis är medeltransportavståndet en mycket viktig faktor då det påverkar kostnaden i stor utsträckning. Olika maskinsystem jämfördes där resultatet visade att det som främst påverkar vilken maskin som bör användas är vad det finns för övrigt behov av maskiner på terminalen.

Skärberg och Sundström (2017) jämförde olika maskiner för rundvirkeshantering utifrån ett investeringsperspektiv, de kom fram till att ur ett ekonomisk och produktionsmässigt perspektiv var materialhanteraren det bästa alternativet, främst på grund av dess stora arbetsområde och låga bränsleförbrukning.

Tidigare studier kring lagerdesign är även de intressanta. Lager- och terminaldesign har många likheter, varför dessa studier har analyserats och efterliknats när det kommer till val av metod. Ett exempel på en studie om lagerdesign är Amini & Frykfors (2018) som går igenom hur ett lager bör

designas genom att analysera de olika metoder som finns idag kring design av lagerytor.

1.6 Teoretiskt ramverk

En terminal för skogsprodukter kan jämföras med en typ av varuhuslager, därför baseras metodiken i denna studie på metoder för att ta fram en varuhusdesign. När en terminal designas är det viktigt att beakta den långa livslängden som en terminal beräknas ha. En terminals livslängd kan vara upp till 50 år (Biohub, 2019).

Att designa en lageryta är en mycket komplicerad uppgift då många avvägningar måste göras och flertalet av dem avser kombinatoriska problem (Mohsen, 2002). Vid val av tillvägagångssätt för utformandet av lagerytor finns det flera olika publicerade grundkoncept, ramverk. Det råder inte någon konsensus för hur en lageryta bör utformas i de publikationer som granskats.

Ett problem vid design av en terminal är att de olika målen som finns på terminalen ofta står i motsättning till varandra. Det måste bestämmas vilka mål som ska prioriteras. Exempel på mål som kan vara motstridiga är omsättningshastighet och arealutnyttjande.

Ramverken delar upp problemen med att designa en terminal i mindre mer lättanalyserade delar. Varje steg i ramverket är uppbyggt för att svara på en del av problemet. Varje steg har en enklare frågeställning som besvaras genom någon av datainsamlingsmetoderna. I denna studie sker datainsamlingen genom litteratursökningen och intervjuerna. Ramverkets steg är viktiga var för sig och i förhållande till varandra.

De olika stegen i ramverket kan antingen ha ett mål, ett krav eller både ett mål och ett krav. Vad som definieras som ett krav bestäms av värdföretaget, i detta fall Holmen Skog. Det är viktigt att inte ange för många krav då det försvårar designprocessen. Ett mål kan vara att minimera transportavstånden på terminalen medan ett krav kan vara att terminalens omsättningshastighet ska vara max två veckor. När ett krav definieras måste det definieras ett fast värde. När alla steg i ramverket har besvarats jämförs de olika stegen så att de inte strider mot varandra. När två steg står i motsättning måste något av stegen med ett mål omarbetas.

Enligt Baker & Cansessa (2009) finns det fyra olika teman i den tillgängliga litteraturen för dagerdesign.

- Lagerdesign är en mycket komplicerad uppgift
- Alla studier presenterar stegvisa metoder
- Det är antagligen omöjligt att hitta den optimala lösningen då det finns flera alternativa lösningar i varje steg
- Stegen är sammanhängande, en grad av upprepning är nödvändigt

1.7 Problemformulering – Holmen Skogs behov av ny terminal

Holmen Skog efterfrågar ett arbete som analyserar och jämför olika designförslag för en virkesterminal som hanterar omlastning från lastbil till tåg. Att designa en terminal är en mycket komplicerad process då många beslut och överväganden måste tas (Mohsen, 2002). Holmen Skog har idag ingen utarbetad metod för att ta fram terminaldesigner och efterfrågar därmed detta arbete som ska ge en indikation över hur deras terminaler kan designas.

Holmen Skog har definierat sitt behov och sina krav på virkesterminalen. Kraven utgår från hur deras interna efterfrågan i söder samt hur deras tillgång på virke i norr ser ut.

- Terminalen ska vara fullt elektrifierad.
- Den ska främst användas för att skicka högvärdigt virke.
- Årsvolymen som ska passera terminalen ska vara 300-, 500-, eller 700 000 m³fub per år.

Design av skogsterminaler är idag ett relativt ostuderat ämne. Det finns däremot flertal studier som berör såväl bränslevedsterminaler som lagerdesign. Bland dessa är Engström, 2009 och Mohsen, 2002 närmare granskade.

1.8 Syfte

Syftet med denna studie är att ta fram tre designförslag på en omlastningsterminal. Varje designförslag ska redovisas med en skattad kostnad per hanterad kubikmeter.

1.8.1 Frågeställningar

- Hur stor maskinpark krävs det för att hinna med att lasta tågen och lossa lastbilarna på ett kostnadseffektivt sätt?
- Hur stor areal krävs det för att bygga en terminal med högst två veckors lagringstid och en kapacitet på 300-, 500- samt 700 000 m³fub/år utifrån vald maskinpark?
- Hur stor är kostnadsskillnaden mellan att bygga en terminal med kapacitet för 300-, 500- och 700 000 m³fub/år?
- Hur ska spåret/spåren placeras i förhållande till lagerytans utformning för att minimera de rörliga kostnaderna på terminalen samt hålla ett jämt och effektivt flöde för in- och uttransporterna?
- Hur lång tid tar det att lasta en SGNSS tågagn utifrån vald maskinpark?
- Vad krävs det för att dessutom hantera flis på terminalen utifrån branschens riktlinjer och krav?

1.9 Avgränsningar

- Studien har avgränsats till att endast omfatta råvaruhanteringen för en specifik terminal som Holmen planerar att bygga i anslutning till deras skogsinnehav och stambanan i norr.
- Studien berör endast försörjningen från Holmen skogs egna skogar.
- Studien berör endast terminalområdet mellan Gudrunbryggan och infarten.
- Studien utgår från att flödet till och från terminalen är jämt över året. Studien tar inte hänsyn till eventuella förseningar och problem som kan uppstå.
- Studien omfattar inte de platsspecifika byggnadsåtgärderna; dessa är schabloniserade utifrån befintliga terminaler.

2 Material och Metoder

Utifrån de givna förutsättningarna för Holmen Skogs terminal har studien genomförts i följande ordning:

1. Inledande litteraturgranskning med avseende på terminaldesign och generell lagerlayout.
2. Sammanställning av intervjufrågor och urval av intervjupersoner utifrån granskad litteratur.
3. Insamling av data genom intervjuer med personer verksamma vid terminaler.
4. Framtagning av en designmetod, ett ramverk. Svarat på de enskilda stegens frågeställningar utifrån litteratur och intervjuer.

2.1 Inledande litteraturgranskning

Litteratur har sökts ut för att kunna besvara studiens syfte och frågeställningar samt för att få underlag till modifieringen av ramverket tillsammans med underlaget från intervjuerna. Utsökning av litteratur har skett enligt stegen redovisade i figur 3. Syftet med litteratursökningen var att samla in och

sammanställa kunskap från ett antal olika studier rörande terminaler och logistik. I bilaga 3 redovisas all indata samt var indata kommer från för att tydliggöra underlagets härkomst.

Tillvägagångssättet var följande: Utsökande av litteratur > Urval av de studier som har högst relevans > Sammanställning av litteraturen och analysen > Sammanställning av resultaten från litteraturen.



Figur 3. Illustrering över tillvägagångssättet för litteratursökningen

Figure 3. Illustration of the approach for the systematic review

2.1.1 Utsökning av litteratur

För att lokalisera artiklar rörande virkesterminaler och lagerlayouter användes dels SLU:s söktjänst Primo och dels artiklar rekommenderade av studiens handledare. Identifieringen av lämpliga sökord gjordes genom att läsa artiklar som berörde detta ämne och notera gemensamma och återkommande ämnesord.

Sökorden som användes var: Logyard, Terminal, Wood, Biomass, Forest, Cost, Design, Design, Terminal, Virke, Biomassa, Skog, Kostnad. Dessa sökord kombinerades på olika sätt för att begränsa antalet studier som var aktuella och relevanta för denna studie.

2.1.2 Urval

Efter att litteratursökningen var klar begränsades antalet studier till de som hade ett abstrakt, var skrivna på svenska eller engelska samt var publicerade efter 1990. Detta utifrån antagandet att senare artiklar har högre relevans än tidigare artiklar. Antagandet beror på att den tekniska utvecklingen snabbt går framåt när det kommer till maskiner och funktioner på terminalerna som T.ex. mätningen. De artiklarna som uppfyllde dessa krav granskades med en genomläsning av framförallt artikelns titel och abstrakt. Det som kontrollerades var att de berörde terminalernas interna logistik, design eller

uppbyggnad. Green, et al. (2006), specificerar att det är viktigt att det specificeras kriterier som krävdes för att artikeln skulle inkluderas i studien. Detta för att öka trovärdigheten och för att det ska vara möjligt att för andra att återskapa urvalet som gjorts. De som uppfyllde samtliga krav redovisas i bilaga 4.

2.1.3 Litteraturanalys

Efter att urvalet analyserats granskades de utvalda artiklarna (bilaga 4) i sin helhet samtidigt som anteckningar fördes. Varje artikel sammanfattades utifrån dess syfte och frågeställningar.

2.1.4 Införskaffa informationen från litteraturen

Samtlig litteratur som granskats sammanställdes och sammanfattningarna användes sedan som underlag för att besvara varje stegs frågeställning i metoden.

2.2 Framställning av intervjufrågor och urval av intervjupersoner

Efter att litteraturen studerats och sammanställts undersöktes vad för övrig information som krävdes för att kunna besvara studiens syfte och frågeställningar. Detta gjordes tillsammans med den inledande litteraturgranskningen, för att identifiera vilken information som krävdes samt att kunna fråga om vilka problem och svårigheter som terminalerna upplever att de har. 31 frågor till intervjuerna sammanställdes, redovisas i bilaga 2. Intervjufrågorna var kopplade till studiens frågeställningar. Frågorna berörde terminalkonstruktion, maskinkapacitet, virkeshantering och ekonomin kring det mm.

De intervjuer som utfördes var semistrukturerade. Denna struktur valdes för att få in så mycket information som möjligt och för att den som håller intervjun inte ska begränsas av sina egna frågor. Vid en semistrukturerad intervju finns möjligheten att få utförliga svar genom att ställa uppföljningsfrågor om behovet skulle uppstå. Totalt valdes fyra personer ut från fyra olika företag. De utvalda var Per-Henrik Evebring på Njudung LogisikPartner i Vetlanda, Per Rud-Petersen på Bastuträskterminalen i Bastuträsk, Olle Petersson på Trätåg i Falun samt Conny Nordendahl på Nordmalings kommun, ansvarig för terminalen i Rundvik.

Dessa personer valdes ut för att de besitter goda kunskaper i ämnet, hade möjlighet att ställa upp på intervjuer inom studies givna tidsram samt att de representerar olika terminaler som hanterar olika volymer och sortiment.

2.3 Insamlat data från intervjuer

Kvalitativa undersökningar i form av intervjuer skedde med totalt fyra personer som var anställda vid olika virkesterminaler i Sverige. I intervjuerna behandlades för- respektive nackdelar med den terminal som de hade erfarenhet av, främst med avseende på design och funktion. Orsaken till att kvalitativa intervjuer utfördes var för att verifiera och utveckla det som framkommit i litteraturen. Intervjuer är en bra metod när det behövs en insikt i individens uppfattning, åsikter och tolkning (Denscombe, 2000).

Den första kontakten som togs med de som intervjuades var över telefon varvid det beskrevs vad studien berörde och dess syfte. Efter att de fått förklarat för sig vad studien gick ut på tillfrågades de om de skulle vara intresserade av att delta. De som ställde upp på intervjun blev kontaktade en andra gång där de var med och bestämde plats och tid för intervjun. Det informerades även om hur deras svar och personuppgifter skulle hanteras i rapporten. Alla som deltog i intervjun fick skriva på ett samtyckesavtal för hanteringen av deras personuppgifter (bilaga 2).

Intervjuerna skedde på respektive terminal förutom Olle Pettersson på Trätåg som intervjuades över Skype. Rundvandringen på terminalen blev ett tillfälle att komplettera intervjufrågorna med en demonstration i fält. Intervjuerna varade från 32 minuter till 47 minuter. Alla intervjuer spelades in och transkriberades för att på ett effektivt sätt kunna analysera informationen. Informationen från intervjuerna klipptes sedan ihop för att kunna jämföra och analysera svaren från de olika intervjuade. Sammanställningarna av intervjuerna används som underlag tillsammans med resultatet från litteraturstudien för att besvara de frågeställningar som denna studie behandlar.

Per-Henrik Evebring är konsult som jobbar med logistiklösningar av olika slag med inriktning på logistik kring skogsterminaler. Han har varit med och designat Stockarydsterminalen utanför Sävsjö som är en fullt elektrifierad skogsterminal som idag hanterar cirka 500 000 m³ub rundvirke per år. Stockarydsterminalen är en av Sveriges största virkesterminaler.

Per Rud-Petersen är VD på Bastuträskterminalen. Bastuträskterminalen är en öppen terminal lokaliserad i Västerbottens inland som har riktat in sig på omlastning av skogsprodukter från lastbil till tåg. Bastuträskterminalen har sedan den uppfördes 2013 hanterat Holmen Skogs virke. De hanterar idag cirka 300 000 m³fub rundvirke per år.

Olle Petterson är VD på Trätåg som ägs av Stora Enso och Billerud Korsnäs. Terminalen i fokus under intervjun var lokaliserad i Falköping. Anledningen till att denna terminal valdes var för att det är en sluten terminal till skillnad från terminalerna i Bastuträsk och Stockaryd. Trätåg tillsammans med Stora Enso har lång erfarenhet av att transportera virke med tåg. De transporterar idag en stor del av deras totala virkesförsörjning med hjälp av tåg.

Conny Nordendahl är Näringslivsutvecklare på Nordmalings kommun och ansvarig för byggnationen av terminalen i Rundvik. Under hösten 2019 påbörjades byggnationen av terminalen. Denna terminal var extra intressant då den inte är färdigställd än. Terminalen kommer vara en öppen terminal som hanterar både rundvirke och flis.

Efter att de fyra intervjuerna var klara bedömdes mättnadsgraden vara nådd då det inte tillkom någon ny information.

2.4 Metodik för design och analys

En av de studier som ingick i Amini & Frykfors (2018) studie var Mohsen (2002). Denna detaljgranskades då dess ramverk bedömdes ha hög relevans när det gäller design av en terminal. Dock modifierades den lite för att bli fullt tillämpligt på en skogsterminal (tabell 1). Sammanfattningarna från den studerade litteraturen samt från intervjuerna ligger som underlag för varje stegs resultat. Frågeställningarnas svar i varje steg är sammanställda utifrån Holmen Skogs krav på terminalen. Indata till samtliga beräkningar redovisas i bilaga 3. Det finns olika osäkerheter i värdena som beräkningarna grundar sig på. Dessa osäkerhetsintervall är bestämda utifrån de olika uppgifterna som framkommit av både litteraturen och uppgiftslämnaren. När fler källor presenterade olika värden togs ett medelvärde och den procentuella skillnaden mellan medelvärdet och de angivna värdena blev osäkerhetsintervallet. Osäkerhetsintervallet har avrundats med en noggrannhet på fem procent. Orsaken till att osäkerhetsintervallen avrundats till närmsta fem procent är för att uppgiftslämnarna använde den noggrannheten när de angav

värdena. Varje värdes osäkerhet presenteras i bilaga 3 med hänsyn till varje uppgiftslämnare. Varje steg i ramverket förklaras nedan.

Tabell 1. Ramverk för utformning av lagerdesign

Table 1. Framework configuration of stock design

Steg	Mohsen (2002)	Denna studie
1	Specificera syftet med lagret.	Specificera syftet med terminalen.
2	Prognostisera och analysera förväntat behov.	Prognostisera och analysera förväntade volymer och sortiment.
3	Tillsätt operativa strategier.	Bestäm omsättningshastighet och buffert.
4	Bestäm lagernivåer.	Skapa en generell layout på hela terminalen utifrån krav och begränsningar.
5	Produktklassificering.	Val av lagersystem och uttagningsprincip.
6	Sektionsindelning och generell layout.	Ankomstantering
7	Uppdelning av lagret.	Uppdelning och design av lagerytorna.
8	Design av materialhantering, lager och sorteringssystem.	Design av maskinparken.
9	Design av lagergångar.	Design av körvägar.
10	Bestämning av utrymmesbehov.	Bestämning av utrymmesbehov.
11	Bestämma antalet platser och placeringar för input och output punkter.	Eventuell justering av den valda designen.
12	Bestämma antalet platser och placering för lastkajer.	
13	Arrangering av lagret.	
14	Zonformering.	

Steg 1. Specificera syftet med terminalen.

I detta steg bestäms vilken typ av terminal det ska vara. Är det en omlastningsterminal eller en lagringsterminal? Vad ska terminalen hantera? Ska den enbart hantera egna volymer eller ska andra aktörer kunna nyttja den?

Steg 2. Prognostisera och analysera förväntade volymer och sortiment.

I detta steg bestäms kapaciteten för terminalen, utifrån olika parametrar. Såsom. Skiljer sig volymerna åt över året? Skiljer sig sortimenten åt över

året? Finns det sortiment som är mer efterfrågat än andra? Skiljer sig behovet av lagerkapacitet över året? Hur kommer volymerna se ut i framtiden och hur kommer uppdelningen av sortimenten vara?

Steg 3. Bestäm omsättningshastighet och buffert.

I detta steg ska volymerna som lagras och hanteras på terminalen bestämmas. Hur stor buffert ska terminalen ha? Hur ska bufferten vara fördelad över sortimenten? Storleken på bufferten och omsättningshastigheten styr i stor omfattning storleken på terminalen.

Steg 4. Skapa en generell layout på hela terminalen utifrån krav och begränsningar.

I detta steg ska en generell layout över terminalen upprättas. En terminal består av flera olika sektioner och områden som måste vara med för att det ska bli en fullt fungerande terminal. T.ex. måste det finnas en nod för ankommande volymer samt en nod för avgående volymer. I detta fall är ankommande nod mätningen med tillhörande områden för att mätningen ska fungera effektivt och avgående nod järnvägsrälsen. Placeringen och storlek av rälsen med hänsyn till regler och effektivitet ska bestämmas i detta steg. T.ex. hur långt ska rälsen vara? Vad krävs det för ytor kring rälsen för att lastning och lossning ska fungera effektivt? Det ska även bestämmas placering av ytor för personalen samt ytor för lagring. Målet med detta steg är att hålla nere kostnaderna.

Steg 5. Val av lagersystem och uttagningsprincip.

I detta steg bestäms vilket lagersystem och vilken uttagningsprincip som bör tillämpas. De två vanligaste typerna av lagersystem är flytande och fasta lager (Lumsden, 2012). Även för uttagningsprinciper finns det två huvudtyper, SIFU och FIFU.

Steg 6. Ankomsthantering

I detta steg bestäms hur volymerna som ankommer och mäts till terminalen ska hanteras. Från att de anländer till terminalen tills att de lagras på lagerytan. Vid valet av mätsystem och våg ska den metod som är billigast per volymenhet och effektivast väljas. För beräkning av detta nyttjas följande formler.

Mätkostnader per RNR (kr) = Grundpris för mätning (kr) – Prisreduktion(kr)

$$\text{Total mätkostnad (kr/år)} = \frac{\text{Årsvolym (m}^3 \text{ fub)}}{\text{Snittvolym per RNR (m}^3 \text{ fub)}} * \text{Mätkostnad per RNR (kr)}$$

$$\text{Årlig kostnad mätning (kr/år)} = \frac{\text{Investeringskostnad (kr)}}{\text{Livslängd (år)}} + \text{Rörlig kostnad (kr/år)} + \text{Total mätkostnad (kr/år)}$$

$$\text{Kostnad mätrigg (kr/m}^3 \text{ fub)} = \frac{\text{Årlig kostnad mätning (kr/år)}}{\text{Årsvolym (m}^3 \text{ fub)}}$$

Investeringskostnaden, livslängden och de rörliga kostnaderna kommer dels från leverantören av utrustningen eller av Holmen Skog. Mätkostnaden är inhämtad från Biometria (bilaga 3). Vid val av system måste det beaktas hur framtidens behov kan vara.

Steg 7. Uppdelning och design av lagerytorna

I detta steg delas lagerytorna upp utifrån Holmen Skogs krav. Här är målet att minimera hanteringskostnaderna dvs. transportavståndet mellan vält och järnväg. Alltså att placera de största volymerna så nära järnvägen som möjligt för att minimera hanteringskostnaderna. Här bör även värdeökande egenskaper tas i beaktning, t.ex. underlag. Vid framräkning av vältornas storlek används följande formel, denna formel utgår från att endast ett sortiment hanteras, ska fler sortiment hanteras ökar vältans längd.

$$\text{Vältans längd (m)} = \frac{\text{Volym för två veckors lager (m}^3 \text{ fub)}}{\text{Vältans höjd (m)} * \text{Vältans bredd (m)} * \text{Vedvolymsprocenten (\%)}}$$

Steg 8. Design av maskinparken.

I detta steg bestäms dels maskinparkens storlek och sammansättning. Maskinparken och lagerytornas form påverkar varandra i stor utsträckning då olika maskiner har olika förutsättningar när det kommer till lagerkonstruktion. Bedömningen av den maskinkapacitet som krävs för de olika terminalerna är främst baserat på information inhämtad från intervjuerna. I detta steg är det främst maskinernas funktion som står till grund för beslutet. Maskinparkens sammansättning påverkas av flera faktorer, bland annat terminalens design och funktion. Kostnadsberäkning för maskinpark.

$$\begin{aligned} \text{Restvärde Hjullastare (kr)} &= \text{Restvärde maskiner (\%)} * \\ \text{Investeringskostnad Hjullastare (kr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Restvärde Materialhanterare (kr)} &= \text{Restvärde maskiner (\%)} * \\ \text{Investeringskostnad Materialhanterare (kr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Restvärde Höglyftare (kr)} &= \text{Restvärde maskiner (\%)} * \\ \text{Investeringskostnad Höglyftare (kr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kostnad Maskinpark (kr)} &= n * \text{Investeringskostnad Hjullastare (kr)} - \\ &\text{Restvärde Hjullastare (kr)} + n * \\ &\text{Investeringskostnad Materialhanterare (kr)} - \\ &\text{Restvärde Materialhanterare (kr)} + n * \\ &\text{Investeringskostnad Höglyftare (kr)} - \text{Restvärde Höglyftare (kr)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Servickostnad Maskinpark (kr/år)} &= n * \text{Servickostnad per år (\%)} * \\ &\text{Investeringskostnad Hjullastare (kr)} + n * \text{Servickostnad per år (\%)} * \\ &\text{Investeringskostnad Materialhanterare (kr)} + n * \\ &\text{Servickostnad per år (\%)} * \text{Investeringskostnad Höglyftare (kr)} \end{aligned}$$

Där n är antalet som ingår i val maskinpark.

$$\begin{aligned} \text{Årlig kostnad för maskinpark (kr/år)} &= \frac{\text{Kostnad maskinpark (kr)}}{\text{Ekonomisk livslängd (år)}} + \\ \text{Servicekostnad maskinpark (kr/år)} \end{aligned}$$

$$\text{Kostnad maskinpark (kr/m}^3\text{fub)} = \frac{\text{Årlig kostnad för maskinpark (kr)}}{\text{Årsvolym (m}^3\text{fub)}}$$

Steg 9. Design av körvägar.

I detta steg bestäms storleken, bredden samt placering på körvägarna och om det krävs järnvägsöverfarter utifrån information inhämtad från intervjuer samt litteratur. Körvägarna måste vara tillräckligt breda för att maskinerna ska kunna jobba på ett effektivt sätt, dock inte för breda så att värdefull lagringsyta försvinner. Målet med detta steg är att minimera de interna transporterna på terminalen.

Steg 10. Bestämning av utrymmesbehov.

I detta steg görs en uppskattning av terminalytans storlek. En felaktig bedömning av utrymmesbehovet kan leda till en trång och svårhanterad yta eller en onödigt stor investering i förhållande till behovet. Utrymmesbehovet påverkas av flera olika faktorer t.ex. bufferten och maskinernas storlek. I detta steg ska även en ekonomisk beräkning göras för de olika designförslagen. Det måste även tas hänsyn till begränsningar när det kommer till det tillgängliga utrymmet, dessa kan vara både arealmässiga eller ekonomiska.

$$\text{Areal (ha)} = \frac{\text{Volym för två veckors lager (m}^3\text{fub)}}{\text{Arealåtgång virkeslagring (m}^3\text{fub/ha)}} + \text{Arealåtgång för spår och körvägar (ha)} + \text{Arealåtgång övrigt (ha)}$$

Steg 11. Eventuell justering av den valda designen.

I detta steg går resultaten från samtliga tidigare steg igenom för att se om resultaten från de olika stegen motsäger varandra. Skulle resultatet från ett steg motsäga resultatet från ett annat steg omarbetas det steget som innehåller ett mål. Slutligen när alla stegs resultat kan kombineras sammanställs resultatet.

Sammanställning av de olika förslagna designerna:

Här sammanställs alla resultat från steg 1 till 11 för varje designförslag. Varje designförslag tydliggörs med hjälp av en illustration.

Beräkningar för att sammanställa kostnaderna från de olika stegen gjordes för att få fram en totalkostnad över hela terminalen. Servicekostnaderna ingång under totalkostnaderna för respektive område, i driftkostnaderna ingår endast lön och bränsle.

$$\text{Antal heltidsanställda (st)} * \text{Årslön (kr)} = \text{Lönekostnader (kr/år)}$$

$$\text{Bränslekostnader per år (kr/år)} =$$

$$\text{Antal heltidsanställda maskinförare (st)} * \text{Årsarbetstid} * (\text{Dieselpris (kr)} * \text{Bränsleåtgång (l/h)})$$

$$\text{Driftkostnader per år (kr/år)} = \text{Bränslekostnader per år (kr/år)} + \text{Lönekostnader per år (kr/år)}$$

$$\text{Driftkostnad (kr/m}^3\text{ fub)} = \frac{\text{Driftkostnader per år (kr/år)}}{\text{Årsvolyt (m}^3\text{ fub)}}$$

$$\text{Totalkostnad för terminal (kr)} = \text{Kostnad byggnation av terminal (kr/ha)} * \text{areal (ha)}$$

$$\text{Årlig kostnad terminal (kr/år)} = \frac{\text{Totalkostnad för terminal (kr)}}{\text{Ekonomisk livslängd terminal (år)}}$$

$$\text{Terminalkostnad (kr/m}^3\text{ fub)} = \frac{\text{Årlig kostnad terminal (kr)}}{\text{Årsvolyt (m}^3\text{ fub)}}$$

$$\text{Total årlig kostnad (kr/år)} = \text{Årlig kostnad mätning (kr/år)} + \text{Årlig kostnad för maskinpark (kr/år)} + \text{Årliga driftkostnader (kr/år)} + \text{Årlig kostnad terminal (kr/år)}$$

$$\text{Totala årliga kostnad per m}^3\text{ fub vid förändrad utnyttjandegrad (kr/m}^3\text{ fub)} = \frac{\text{Total årlig kostnad (kr)}}{\text{Årsvolyt (m}^3\text{ fub)} * \text{utnyttjandegraden (\%)}}$$

Steg 1–3 är krav som i denna studie är specificerade av Holmen Skog.

Steg 1: Specificera syftet med terminalen.

Syftet med terminalen är en omlastningsterminal för rundvirke och flis från lastbil till tåg. Det ska vara en sluten terminal som endast nyttjas för Holmen Skogs egen räkning.

Steg 2: Prognostisera och analysera förväntade volymer och sortiment.

De förväntade volymerna och sortimenten är 300-, 500-, och 700 000 m³fub av FFG, timmer, barrmassaved och flis. Volymerna och sortimentsfördelningen beräknas vara jämna över året.

Steg 3: Bestäm omsättningshastighet och buffert.

Omsättningshastigheten och bufferten är bestämd till högst två veckor. Då omsättningshastigheten är bestämd till två veckor påverkar årsvolymerna storleken på bufferten. Sortimentsfördelningen på bufferten är beroende på hur utleveransen av volymerna ser ut

2.5 Ekonomiska beräkningar

Studiens ekonomiska beräkningar utifrån varje förslagen terminaldesign har gjorts för att ge Holmen Skog tillräckligt med underlag för att fatta ett bra beslut. Kostnaderna anges utslaget på kubikmeter som passerar genom terminalen. Kostnaderna beräknas i Excel utifrån värden som är redovisade i bilaga 3 och ger en indikation av hur stor kostnaden kommer att bli. Underlaget till kalkylerna är i första hand inhämtades från leverantörerna av utrustningen. I andra hand inhämtades underlaget från Holmen Skog.

3 Resultat

Resultatet presenteras från och med steg fyra i ramverket då de tre första stegen redan är definierade.

3.1 Steg 4: Skapa en generell layout på hela terminalen

Sverige har målsättningen att järnvägsnätet ska klara av tåg upp till 750 meter år 2030 (Trafikverket, 2019). För att alla vagnar ska få plats på terminalen idag och i framtiden bör det enligt Evebring (2019) finnas minst 600 meter räls på terminalen där tåg med vagnar kan stå för att lastas av och på, rekommendationen är att rälsen bör kunna förlängas till 750 meter. Rälsen kan med fördel byggas med begagnat material, med tanke på den ekonomiska och miljömässiga fördelen. För att av- och pålastningen ska ske snabbt och effektivt bör alla vagnar befinna sig på terminalen och vara lättåtkomliga för truckarna för att slippa omflyttningar av vagnarna. Vid flishantering kan det behövas en speciell lastplats för flisvagnarna då vissa vagn typer kräver en lastramp. Materialet bör lämna terminalen på motsatt sida som intransporten sker. Det är viktigt att både inkörning och utkörning fungerar bra. De flesta av terminalerna som studerats har ett linjärt flöde genom terminalen. Bilarna kommer in på motsatt sida där tågen åker ut. Detta resulterar i att in- och uttransporterna inte direkt stör varandra. Dock påverkar de varandra i och med att samma maskiner används till både hanteringen av tågen och bilarna. Det är viktigt att ha så hög nyttjandegrad på maskinparken som möjligt.

Alla som intervjuats i studien har framhävt att ett av de enklaste sätten att hålla nere kostnaderna på terminalen är att minimera transportavstånden på terminalen så mycket som möjligt. Ju mer virke flyttas desto dyrare blir

det (Berglund, 2014; Wolfsmayer, et al., 2015; Huka & Gronalt, 2018). Alla terminaler som behandlades vid intervjuerna har valt två spår in på terminalen för att hålla ner medeltransportavstånden och för att minska risken för köbildning. Därför bör det vara två spår in även på denna terminal oavsett storlek. De intervjuade betonade även vikten av att ha ytor specifikt avsatta för restprodukter t.ex. städmaterial och snö.

För att lasta tågen på ett säkert sätt är det viktigt att maskinerna kan åka på båda sidor av spåret för att se till att lasten är säkrad enligt rådande säkerhetsföreskrifter. Belysning på terminalen är en viktig parameter för att kunna jobba säkert vilket betonades av samtliga intervjuade.

Det måste även finnas personalutrymmen för de anställda på terminalen samt de transportentreprenörer som besöker terminalen under öppettiderna. Det måste finnas en ankomstnod samt en avgångsnod. Detta kommer att beskrivas mer i senare steg.

Vägen och mättriggen bör sitta direkt efter infarten till terminalen. I intervjun med Per Rud-Petersen framkom det att det är viktigt att på ett smidigt sätt kunna vända och köra runt, om mätningen skulle behövas göras om. Det bör därför vara tillräckligt brett för att kunna vända både innan och efter mättriggen. Detta underlättar även för lastbilarna som lämnar terminalen. Vägen före vägen bör vara tillräckligt lång för att kö ska kunna bildas på terminalens yta istället för på allmän väg. Både Per Rud-Peterson och Per-Henrik Evebring påtalade vikten av att ha två separata mätsystem om det skulle uppstå problem med det ena. Det är även en trygghet att ha två system om ena skulle sluta att fungera. Med hjälp av omräkningstal är det möjligt att omvandla mätdata mellan volym och vikt för olika sortiment.

3.2 Steg 5: Val av lagersystem och uttagningsprincip

Samtliga av de intervjuade använde sig av ett flytande lager som är mycket yteffektivt jämfört med ett fast lager, utnyttjandegraden för lagertorna blir dessutom högre (Lumsden, 2012).

Då virke är en färskvara bör lagersystemet som tillämpas vara FIFU (Spjut, 2018). Detta system får enhetligt stöd från samtliga intervjuade. Om virke blir inlåst ökar risken att FIFU principen inte kan tillämpas. Inlåst virke medför att det inte går att komma åt materialet utan att behöva möblera om virket i lagret (Spjut, 2018).

3.3 Steg 6: Ankomsthantering

Det finns tre olika kamerariggar för mätning av rundvirke, Cind-riggen, SDC-riggen och Mabema-riggen.

Per-Henrik Evebring från Stockarydsterminalen och Olle Pettersson från Trätåg nämnde att de var nöjda med Cind-riggen som de använder. De ansåg även att det finns stor utvecklingspotential när det kommer till automatmätning. En annan fördel med Cind-riggen jämfört med SDC-riggen är att Cind-riggen tar mindre plats. Det är bara en båge med kameror som lastbilen kör igenom. Investeringskostnaden för Cind-riggen och Mabema-riggen är högre än SDC-riggen. Då en stor del av SDC-riggens utrustning hyrs blir investeringskostnaden låg, dock är den rörliga kostnaden hög. Idag är mätkostnaderna för SDC-riggen högre än Cind-riggen och Mabema-riggen. Detta för att Cind-riggen har en delautomatiserad mätning och Mabema-riggen tillämpar automatiserad mätning vilket ger en prisreduktion av Biometrias mätkostnader. Dock går utvecklingen snabbt framåt (Juntikka, 2018) mot helautomatiserade mätningar för alla riggar vilket innebär att Biometrias mätkostnaderna i framtiden kan vara desamma för alla riggar.

Då SDC-riggen tar längre tid att passera jämfört med de övriga ökar risken för köbildning. Ökad tidsåtgång leder till merkostnader. SDC-riggen och Cind-riggen har samma årskostnad per kubikmeter på 500 000 kubiksterminalen (tabell 2).

Tabell 2. Kostnad och tidsåtgång för olika mätriggar plus våg för respektive årsvolym idag
Tabell 2. Cost and time required for different measuring rigs and scale per annual volume today

Årsvolym (m ³ fub)	Mät-rigg	Kostnad mättrigg i kr ¹ (Osäkerhet)	Tidsåtgång/bil (Min) ¹
300 000	Cind	2,07 (±5%)	<1
500 000	Cind	1,87 (±5%)	<1
700 000	Cind	1,78 (±5%)	<1
300 000	SDC	2,14 (±5%)	2
500 000	SDC	1,87 (±5%)	2
700 000	SDC	1,75 (±5%)	2
300 000	Mabema	2,44 (±5%)	<1
500 000	Mabema	2,01 (±5%)	<1
700 000	Mabema	1,83 (±5%)	<1

¹Indatat redovisade i bilaga 3

Skulle SDC-riggen och Cind-riggen få samma prisreduktion som Mabema-riggen skulle SDC-riggen bli den billigaste, dock kvarstår problemet med tidsåtgången och ytbehovet. Tidsåtgången för Cind- och Mabema-riggen ligger idag på cirka 30 sekunder per bil (Lindberg, 2019 & From, 2019). Vilket leder till att SDC-riggen tar upp till fyra gånger så lång tid per bil som de övriga två riggarna. Det skiljer som mest 17 öre per m³ i årskostnad mellan Cind-riggen och SDC-riggen (tabell 3).

Tabell 3. Kostnad och tidsåtgång för olika mätriggar plus våg för respektive årsvolym vid lika mätkostnader

Table 3. Cost and time required for different measuring rigs and scale per annual volume with equal measurement costs

Årsvolym (m ³ fub)	Mät-rigg	Kostnad mättrigg i kr ¹ (Osäkerhet)	Tidsåtgång/bil (Min) ¹
300 000	Cind	1,80 (±5%)	<1
500 000	Cind	1,60 (±5%)	<1
700 000	Cind	1,52 (±5%)	<1
300 000	SDC	1,75 (±5%)	2
500 000	SDC	1,47 (±5%)	2
700 000	SDC	1,35 (±5%)	2
300 000	Mabema	2,44 (±5%)	<1
500 000	Mabema	2,01 (±5%)	<1
700 000	Mabema	1,83 (±5%)	<1

¹Indatat redovisade i bilaga 3

Mabema-riggen har högst noggrannhet av alla riggar, alltså bäst överensstämmelse mellan uppmätt och verklig volym. Med hjälp av Mabema-riggen går det att få fram noggrann och aktuell information om diameter och sortimentsfördelning på vad som passerat riggen under en viss tidsperiod (Lindberg, 2019).

Utifrån resultatet i tabell 2 och 3 bör för 300 000 kubiksterminalen Cind-riggen väljas då den är billigare än Mabema-riggen, risken för köbildning är låg och den kräver mindre yta än SDC-riggen. Även för 500 000 och 700 000 kubiksterminalerna bör Cind-riggen väljas då den minskar risken för kö och har en lägre investeringskostnad jämfört med Mabema-riggen. Cind-riggens mätning är tillräckligt god för att uppnå terminalens syfte.

I intervjun med Conny Nordendahl nämnde han att en av orsakerna till att Cind-riggen valdes på terminalen i Rundvik var för att denna mättrigg inte är lika beroende av bra ljus.

Vågen på terminalen bör klara 80 ton och den bör placeras så att den på ett enkelt sätt kan förlängas om fordonslängden tillåts öka i framtiden. Idag bör vågen vara cirka 24 meter lång med möjlighet att förlängas till cirka 30 meter om maximala tillåtna fordonslängden i Sverige skulle öka.

3.4 Steg 7: Uppdelning och design av lagerytorna

Den största delen av terminalen kommer att hantera rundvirke. För att minimera transportavståndet och därigenom kostnaden för hanteringen av virket bör rundvirkesvältorna placeras parallellt med spåret. Om flishanteringen ökar bör den få en större andel av den spårnära ytan. Sortimentens placering bör bestämmas utifrån efterfrågan, ju högre efterfrågan på flis ju närmare spåret bör den vara placerad. På 300 000 kubiksterminalen krävs det att vältan är minst 600 meter lång om endast ett sortiment hanteras. Då fler sortiment ska hanteras bör det vara två rundvirkesvältor parallellt på insidan av spåren. På 500 000 kubiksterminalen krävs det med 900 meter lång vältan om endast ett sortiment hanteras. Då fler sortiment hanteras bör det vara två rundvirkesvältor parallellt på insidan av spåret. På 700 000 kubiksterminalen krävs det minst 1300 meter lång vältan om endast ett sortiment hanteras. Då fler sortiment hanteras bör det vara två rundvirkesvältor parallellt på insidan av spåret samt två vältor på utsidan av spåren. Flisen bör på alla terminaler ligga mellan spåren för att få ett så kort transportavstånd som möjligt till båda spår. Genom att minska transportavståndet minskar tidsåtgången för lastning och lossning (Enström 2009).

För en effektiv flishantering där städresterna kan tillvaratas krävs en hårdgjord yta som ligger i nära anslutning till rälsen (Virkkunen, et al., 2016; Ranta, et al., 2012; Kons, 2019). Asfalt är dock en stor investering. Det måste göras en avvägning över hur stor yta som ska asfalteras. Enligt Biohub (2019) är ofta asfalt ett bättre alternativ då livslängden är längre än grus. I slutändan blir kostnaden ungefär densamma för både asfalt och grus. Huruvida terminalerna är asfalterade eller grusade beror ofta på dess användningsområde och storlek (Kons, 2019). De flesta terminaler har dock valt att asfaltera ytan där virket hanteras. Ligger flishögen på asfalt ökar kvalitén på bränslet (Söderlund, 2010). Enligt Sahlén (2020) är flishanteringen känslig för medeltransportavståndet på terminalen. Därför bör flisens placering vara i nära anslutning till spåret.

3.5 Steg 8: Design av maskinparken

Terminalen kommer inledningsvis vara en omlastningsterminal från lastbil till tåg. Det är dock inte svårt att vända på flödet och använda terminalen till att lasta om från tåg till lastbil. Eftersom terminalen kommer att använda ett flytande lager rekommenderas enbart trucklossning. Vid intervjuerna med Per-Henrik Evebring och Per Rud-Petersen framkom att de inte upplevde någon ekonomisk vinning med att låta chaufförerna lossa själva. Det tog längre tid att lasta tågen från en välta som lastbilsförarna hade byggt jämfört med en välta som trucken hade byggt upp. Risken för felplacering av virke ökar dessutom om chaufförerna själva lossar.

Valet av maskinpark spelar stor roll för terminalens ekonomi (Enström, 2009). Enligt Enström, et al.,(2013) kan det vara motiverat att investera i en hög lastningskapacitet trots att nyttjandegraden blir låg. Detta för att terminaltiden för tågen minskar vilket leder till en effektivare materialhantering och därmed lägre kostnader. Stilleståndskostnaden för tåg är högre än stilleståndskostnaden för maskinerna. I Skärberg & Sundström (2017) studie jämfördes olika maskiner inför en investering vid Bastuträskterminalen som är en tvåspårsterminal kom de fram till att materialhanteraren Sennebogen 830 var den mest ekonomiska maskinen utifrån deras förutsättningar. Per-Henrik Evebring på Stockarydsterminalen förklarade att på hela terminalen i Stockaryd fanns sex maskiner. Två stycken höglyftare, två stycken materialhanterare och två stycken hjullastare. Enligt Per-Henrik Evebring var materialhanteraren Sennebogen deras effektivaste maskin att lasta tågen med då den har ett stort arbetsområde. Den är även bränslesnål. Kranen kan hantera virket på en radie av cirka 17 meter (Skärberg & Sundström, 2017). Materialhanteraren kan även plocka virke från två vältor som ligger parallellt med tåget vid lastning. På Stockarydsterminalen används även materialhanteraren till städningen av spårbädden genom att ta en grov massavedsstock som de sågade ut två spår i undersidan av stocken för rälsen. Därefter drog de bara stocken i spåren och plogade allt skräp framför sig. Städningen på terminalytorna utfördes på ett liknande sätt med en grov massavedsstock i en timmergrip som de tryckte framför sig. De hade tidigare använt sig av en borste. Borsten orsakade en dammig miljö på sommaren och slet ut de pandrol e-clips som håller fast rälen i betongsliprarna. På Bastuträskterminalen hade de två stycken höglyftare och en materialhanterare i drift, en Liebherr. De hade dock valt att leja ut snöröjning och städning på en entreprenör. Enligt Per Rud-Petersen tar det nio till tio timmar för en maskin att lasta ett tåg med 27 SGNSS vagnar, cirka 20 minuter per vagn. Enligt Olle Pettersson tar det cirka sex timmar för dem att lasta ett tåg med

1200 kubik, även det blir cirka 20 minuter per SGNSS vagn. Det skiljde sig dock kraftigt åt beroende på sortiment och virkets placering i förhållande till spåret. Berglund (2014) påvisar att för att minimera de rörliga kostnaderna för terminalen är minimering av transportavståndet viktigt. Därför behövs en bra maskinpark som klarar av att skapa höga travar så att en så stor volym som möjligt får plats i nära anslutning till spåren (Skärberg & Sundström, 2017).

De olika huvudtyperna av maskiner som bör ingå i maskinparken är materialhanterare, höglyft och hjullastare. Materialhanterarens främsta uppgift är att lasta tåg. Höglyftarens främsta uppgift är att lossa bilarna och transportera virke. Höglyften har en stor grip som kan få med sig en stor mängd virke i varje vända. Materialhanteraren har en mindre grip, stor arbetsarea och lägre bränsleförbrukning vid lastning. Hjullastaren är mycket allsidig då det med lätthet går att byta redskap på den (Evebring, 2019). Hjullastaren kan hantera allt ifrån snöröjning och städning till timmer- och flishantering. Hanterar terminalen både rundvirke och flis bör det ingå en hjullastare i maskinparken. Ska terminalen endast hantera rundvirke bör maskiner som har en effektivare rundvirkeshantering väljas.

Per-Henrik Evebring uppgav att de har valt att spara gamla maskiner som används om extra kapacitet skulle behövas eller för att ha som reserv. Han rekommenderade reservmaskiner vid en terminal. För att på ett effektivt sätt hantera virket på respektive terminal krävs det följande maskinpark: Terminalen för 300 000 kubik, en materialhanterare och en höglyft. Terminalen för 500 000 kubik, två höglyftare, en materialhanterare. Terminalen för 700 000 kubik, två höglyftare, en materialhanterare och en hjullastare. Kostnaderna för de olika maskinparkerna redovisas i tabell 4.

Tabell 4. Investeringskostnad för respektive maskinpark och årsvolym

Table 4. Cost per machine composition, and annual volume

Årsvolym (m ³ fub)	Kostnad maskin- park i kr ¹ (Osäkerhet)	Servicekostnad maskinpark per m ³ fub i kr ¹ (Osäkerhet)	Kostnad maskin- park per m ³ fub i kr ¹ (Osäkerhet)	Ekonomisk Livs- längd i år ¹
300 000	4 350 000 (±10%)	0,97 (±10%)	3,04 (±10%)	7
500 000	6 450 000 (±10%)	0,86 (±10%)	2,70 (±10%)	7

Årsvolym (m ³ fub)	Kostnad maskin- park i kr ¹ (Osäkerhet)	Servicekostnad maskinpark per m ³ fub i kr ¹ (Osäkerhet)	Kostnad maskin- park per m ³ fub i kr ¹ (Osäkerhet)	Ekonomisk Livs- längd i år ¹
700 000	7 950 000 (±10%)	0,76 (±10%)	2,38 (±10%)	7

¹Indatat redovisade i bilaga 3

I Sahléns (2020) studie påvisas att det vid flishantering råder skillnader i tidsåtgång mellan maskinsystemen containerlyft och hjullastare. Det idag vanligaste systemet är en hjullastare med skopa som lastar tåg från flishögar. Systemet är mycket känsligt för avståndet mellan tåget och flishögen. Vid ett transportavstånd på cirka 200 meter tar det nästan dubbelt så lång tid att lasta tåget jämfört med om högen ligger i anslutning till spåret. Sahléns studie kom fram till att hjullastare var billigare medan containerlyft systemet hade en högre produktivitet, den lastade mer per tidsenhet. Det som avgjorde kostnaden och effektivitet var vad som redan fanns på terminalen, om maskinerna behövdes till något annat och hur stor volym som skulle hanteras. Vid stora volymer var containerlyft systemet bäst.

3.6 Steg 9: Design av körvägarna

Körvägen parallellt med spåren bör vara tillräckligt bred så att både lastmaskin och lastbil kan stå bredvid varandra. Vid de förslag som endast har vältor mellan spåren ska det på utsidan av spåren finnas en väg för maskinerna att kontrollera och säkra lasten på tågen. Området mellan välta och spår bör asfalteras för att minska skador där lastmaskinen kör som mest. Ska flis hanteras på terminalen bör ytan där flisen lagras asfalteras.

På tvåspårsterminalen i Rundvik är avståndet mellan spåret och första vältan beräknat till cirka 15 meter. I Stockaryd är det asfalterat tolv meter ut från spåren.

Körvägen mellan flishögar bör vara minst åtta meter bred för att få plats med en lastbil bredvid en flishanterande maskin (Kühmaier, et al., 2016). Även vid rundvirkeshantering bör körvägen vara minst åtta meter bred för att kunna få plats med en lastmaskin och en lastbil i bredd vid t.ex. lossning och lastning.

För att effektivisera de interna transportererna bör det finnas övergångar över spåren. Dessa bör placeras i den ändan av terminalen där spåren går ut mot stambanan.

3.7 Steg 10: Bestämning av utrymmesbehov

Enligt Olle Pettersson på Trätåg brukar de uppskatta att det går att lagra tio- till tolv tusen kubikmeter per hektar. Det krävs större areal desto fler sortiment som hanteras.

Bastuträskterminalen har enligt Skärberg & Sundström (2017) en lagringsyta på 6,5 hektar och en lagerkapacitet på 50 000 kubikmeter vid en vålthöjd på sex meter, alltså cirka 8 000 kubikmeter per hektar. Där hanteras flera sortiment. En tumregel när det kommer till ytbehovet för flislagerytor är enligt Virkkunen, et al., (2015) cirka 8000 m³fub/ha (cirka 20 000 m³s/ha). Vid flislagring bör det undvikas att flishögar byggs högre än sju meter, då stora högar ökar risken för substratförluster (Anerud et al, 2019). Utöver lagringsarealen behövs ytor för mätning, järnvägsspår, maskinhantering, personalutrymmen samt för lastbilar. På Bastuträskterminalen är dessa ytor cirka 2,5 hektar. Enligt Spjuts (2019) analys över Bastuträskterminalens internlogistik, ökade risken för inlåsning samt att omsättningshastigheten minskade när medeltransportavståndet för maskinerna på terminalen minimerades. För att minimera risken för inlåsning krävs alltså större areal.

Vid beräkning av utrymmesbehovet användes arealsåtgången för rundvirke då det krävde större areal än flisen.

För terminaler med en årlig omsättning på 300 000 kubikmeter per år bör därför terminalytan vara minst fyra hektar stor. För terminaler med en årlig omsättning på 500 000 kubikmeter bör terminalytan vara minst fem hektar stor. För en terminal med årlig omsättning på 700 000 kubikmeter bör terminalytan vara minst sex hektar.

Kostnaden att anlägga en terminal skiljer sig mycket åt vilket beror på ett flertal parametrar. Det är därför mycket svårt att ange ett pris utan att ha mer data från den plats som terminalen ska upprättas på. Utifrån data från Rundviksterminalen under konstruktion hamnar kostnaden på cirka 2,5 miljoner kronor per hektar för terminalytan samt cirka 14 000 kronor per meter räls. För Bastuträskterminalen hamnade kostnaden på cirka 1,9 miljoner kronor per hektar av terminalytan. Den totala kostnaden för hela Bastuträskterminalen blev cirka 46,5 miljoner kronor vilket blir cirka 5,3 miljoner kronor per hektar. Den beräknade totala kostnaden för Rundviksterminalen är 55 miljoner kronor vilket blir cirka 7,9 miljoner kronor per hektar.

Flera av de intervjuade personerna anger att deras terminal byggdes för liten och att den har behövt byggas ut i omgångar vilket lett till onödiga merkostnader. När en terminal byggs bör den därför planeras så att den ska vara lätt att bygga ut och att det redan på planeringsstadiet utses ett område där det finns möjlighet att expandera terminalytan. Terminalen i Rundvik byggs idag på cirka sju hektar och det finns ytterligare cirka fyra hektar som är detaljplanerat. Det är alltså förberett för en utbyggnation om behovet skulle uppstå.

3.8 Steg 11: Eventuell justering av den valda designen.

Desingen omarbetades flera gånger för att uppnå ovanstående resultat. När två stegs resultat motsäger varandra krävs det att de med mål omarbetas utefter de steg med krav för att få ett enhetligt resultat.

3.9 Sammanställning av de förslagna designerna

Förslagen som presenteras nedan är inte skalenliga utan ger endast en översiktlig bild över hur designen bör se ut.



Figur 4 Designförslag¹ för terminalen med årlig transportvolym 300 000 m³fub/år. De röda linjerna symboliserar järnvägsspåren, det bruna symboliserar rundvirkesvältor, den gula fyrkanten symboliserar lageryta för flis och den blåa fyrkanten symboliserar våg och mättrigg

Figure 4 Design suggestion for the terminal with the yearly volume of 300 000 m³fub/year. The red lines symbolize railroad tracks, the brown represents timer piles, the yellow square symbolizes area for chip storage, and the blue square symbolizes the scale and measuring rig

¹ Förslagen som presenteras är inte skalenliga utan ger endast en översiktlig bild över hur designen bör se ut.

Terminalförslaget med den årliga transportvolymen på 300 000 kubikmeter kräver minst 600 meter vältor. Dock ska fler sortiment hanteras varför två vältor parallellt utmed de 600 meter långa spåren rekommenderas, vilket illustreras i figur 4. Förslagsvis bör dessa placeras mellan spåren för att minimera medeltransportavståndet. Om terminalen ska hantera flis bör lagerytan för den placeras enligt figur 4 för att hålla nere medeltransportavståndet till båda spåren. Arealen på terminalen bör minst vara fyra hektar stor för att allt ska få plats. På utsidan av spåren behövs endast en körväg för att säkra lasten på båda sidorna av tågen. Intransporten bör ske på motsatt sida som uttransporten för att de inte ska påverka varandra. Vågen och mättriggen bör placeras efter infarten skilt från spåren för att inte störa lastning och lossning. Vid denna terminal bör Cind-riggen väljas. Innan mättriggen bör en 24 meters våg som klarar 80 ton placeras. Här är det viktigt att ha i åtanke att vågen bör kunna förlängas till cirka 30 meter om längre fordonslängder tillåts i framtiden. En eller fler järnvägsövergångar för maskinerna bör övervägas.



Figur 5 Designförslag¹ för terminalen med årsvolym 500 000 m³fub/år. De röda linjerna symboliserar järnvägsspåren, det bruna symboliserar rundvirkesvältor, den gula fyrkanten symboliserar lageryta för flis och den blåa fyrkanten symboliserar våg och mättrigg

Figure 5 Design suggestion for the terminal with the yearly volume of 500 000 m³fub/year. The red lines symbolize railroad tracks, the brown represents timber piles, the yellow square symbolizes are for chip storage, and the blue square symbolizes the scale and measuring rig

¹ Förslagen som presenteras är inte skalenliga utan ger endast en översiktlig bild över hur designen bör se ut.

Terminalförslaget med den årliga transportvolymen på 500 000 kubikmeter kräver minst 900 meter vältor. Ska det hanteras fler sortiment bör det finnas två vältor likt de som finns på 300 000 kubiksterminalen, detta illustreras i figur 5. Arealen på terminalen bör vara minst fem hektar. Det bör finnas en eller flera järnvägsövergångar för maskinerna.



Figur 6 Designförslag¹ för terminalen med årsvolym 700 000 m³fub/år. De röda linjerna symboliserar järnvägsspåren, det bruna symboliserar rundvirkesvältor, den gula fyrkanten symboliserar lageryta för flis och den blåa fyrkanten symboliserar våg och mättrigg

Figure 6 Design suggestion for the terminal with the year volume of 700 000 m³fub/year. The red lines symbolize railroad tracks, the brown represents timber piles, the yellow square symbolizes are for chip storage, and the blue square symbolizes the scale and measuring rig

¹ Förslagen som presenteras är inte skalenliga utan ger endast en översiktlig bild över hur designen bör se ut.

Terminalförslaget med den årliga transportvolymen på 700 000 kubikmeter kräver minst 1200 meter vält. Även här ska det hanteras fler än ett sortiment vilket leder till att det för detta designförslag även bör placeras vältor på utsidan av spåren, vilket illustreras i figur 6. Arealen bör vara minst sex hektar. Det bör finnas en eller flera järnvägsövergångar för maskinerna.

Tabell 5. Totalkostnad vid hundra procent utnyttjandegrad för respektive terminaldesign förslag

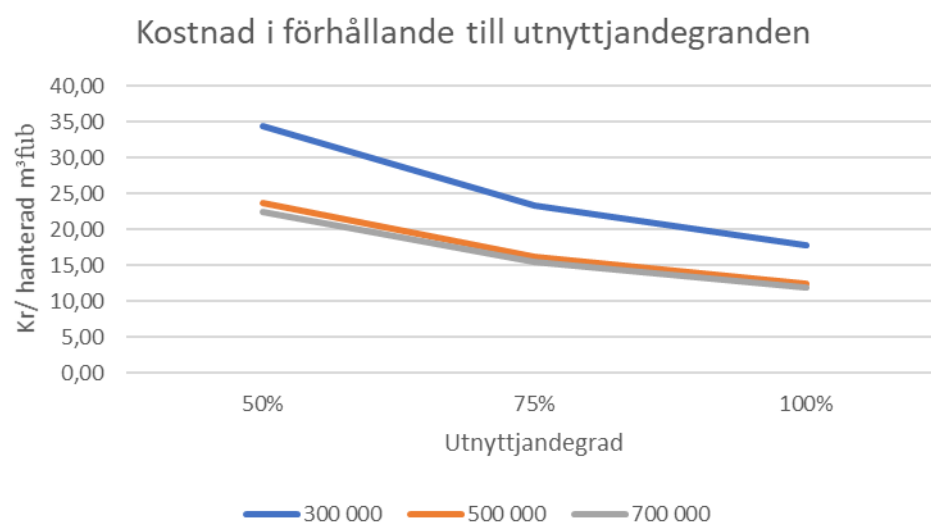
Table 5. Total cost at one hundred percent utilization rate for each terminal design proposal

Terminal-förslag med årsvolym	Kostnad mät-rigg kr/m ³ fub (Osäkerhet)	Kostnad maskinpark kr/m ³ fub (Osäkerhet)	Terminalkostnad kr/m ³ fub (Osäkerhet)	Driftkostnad kr/m ³ fub ¹ (Osäkerhet)	Totalkostnad kr/m ³ fub (Osäkerhet)
300 000	2,07 (±10%)	3,04 (±10%)	1,74 (±20%)	10,99 (±20%)	17,84 (±15%)
500 000	1,87 (±10%)	2,70 (±10%)	1,30 (±20%)	6,59 (±20%)	12,46 (±15%)
700 000	1,78 (±10%)	2,38 (±10%)	1,12 (±20%)	6,59 (±20%)	11,87 (±15%)

¹Indatat redovisade i bilaga 3

Då andelen flis och rundvirke som ska hanteras på terminalen inte är känt har kostnaderna för mättriggen i tabell 5 beräknats utifrån mätkostnaderna för rundvirke då de är högre. Den totala kostnaden för byggnationen av terminalen är högre för de större terminalerna. Kostnaden per kubikmeter är dock mindre för de större terminalerna. Den årliga kostnaden för mättriggen plus vågen och maskinparken följer samma mönster, kostnaden per kubikmeter är lägre för de större terminalerna. Tabell 5 visar även tydligt att mättriggen och maskinparken utgör en mycket liten del av den totala kostnaden.

I den ekonomiska beräkningen i tabell 5 utgår studien från att de tilltänkta årsvolymerna blir fyllda. Skulle årsvolymerna inte bli fyllda stiger den framräknade kostnader per kubikmeter (Figur 7). Kostnaden är framräknad för en utnyttjandegrad på 50, 75 och 100 procent. Kostnaden för terminalen dubbleras om fyllnadskvoten halveras från 100 procent till 50 procent. Den totala kostnaden på hanterad kubikmeter för 300 000 kubiksterminalen är avsevärt högre än för de två större terminalerna. Den främsta anledningen till att de två större terminalernas kostnader skiljer ut sig jämfört med den minsta terminal är att driftkostnaderna på den minsta terminalen är högre per kubikmeter jämfört med de större.



Figur 7. Kostnaden i förhållande till utnyttjandegraden på terminalen

Figure 7. The cost comparing to the utilisation rate for the terminal

4 Diskussion

Syftet med studien är att ta fram tre designförslag på en virkesterminal. Resultatet visar på ett övergripande sätt hur designen, maskinparken samt ankomst hanteringen bör se ut utifrån ett ekonomiskt perspektiv.

4.1 Metoden

Som designmodell har Mohnsens ramverk valts.

En omarbetad version av Mohnsens ramverk valdes för design av lagerytor. Lagerytor och terminaldesigner är relativt likformiga oavsett lager/terminal ändamål när det kommer till hur de ska utformas (Trzcianowska, et al., (2019b). Mohnsens ramverk omarbetades för att inkludera det som krävs för hantering av skogsprodukter. Ramverket som ligger till grund för resultatet i denna studie valdes för att vara så enkelt som möjligt att följa och för att kunna användas vid liknande studier i framtiden.

Omfattande litteraturundersökning har skett för att få en förståelse för vad som krävs vid hantering av rundvirke och flis. Som komplement till litteraturgenomgången genomfördes fyra intervjuer med ansvariga för olika terminaler.

Alla steg i ramverket påverkar varandra. Det uppstod därigenom problem att besvara varje steg för sig då de påverkades av stegen både innan och efter. Ett exempel är att steg 7 är starkt sammankopplad med steg 8 och 9.

Att endast fyra personer intervjuades är en svaghet i datainsamlingen då mättnadsgraden kan bedömas till låg. Det finns risk för att mer ny information hade tillkommit om fler personer intervjuats. Vilket hade det kunnat påverka utfallet av resultatet. För att vara säker på att uppnå full mättnadsgrad krävs det att en totalundersökning utförs. En totalundersökning är när hela populationer ingår i undersökningen (Ejlertsson, 2005). Det hade varit mycket tidskrävande att i denna studie intervjua hela populationer. En undersökning som innefattat intervjuer med personer verksamma vid alla terminaler i Sverige skulle bli för omfattande.

4.2 Forskningsetiska aspekter

Under hela studiens gång har informationen kring hanteringen av de intervjuades namn och personuppgifter varit viktig. Alla som intervjuats har skrivit på en samtyckesblankett (bilaga 2) där det framgår hur deras uppgifter kommer att användas samt vad de ska göra om de inte längre vill vara med i studien. Alla som intervjuades fick även kontrolläsa de delar av rapporten som berörde dem så författaren inte missuppfattat dem.

Allt som framkom på intervjuerna är inte med i denna rapport utan endast de delar som krävdes för att besvara studiens syfte och frågeställningar. Författaren har under hela arbetets gång haft kontinuerlig kontakt med både Holmen Skog och de intervjuade så att deras önskningar om sekretess har kunnat tillgodoses.

4.3 Resultatet

Resultatet av studien stämmer överens med hur de flesta rundvirkesterminalerna är designade idag. De skillnader som finns mot idag befintliga terminaler är bland annat beroende av terminalernas ålder, att de byggdes innan kameramätningen blev godkänd och/eller när tåglängden var kortare.

För 300 000 kubiksterminalen finns det idag flera existerade terminaler som den kan jämföras mot. För den stora terminalen på 700 000 kubikmeter finns det inte lika många terminaler att jämföra med. Den terminal som studerades mest var Stockarydsterminalen samt Trätågs terminal som sitter ihop med varandra. Dessa två tillsammans hanterar idag cirka 700 000 kubik.

Vissa parametrar skiljer sig mycket åt mellan idag redan existerande terminaler. T.ex. gick det inte att finna något samband mellan storlek på terminalen och hanterad volym utifrån analyserad litteratur. Detta är även något som Trzcianowska, et al., (2019a) kom fram till i deras studie. Därför har övergripande beräkningar gjorts för att identifiera den minsta storleken på terminalen som krävs för att hantera de olika årliga transportvolymerna med de givna omsättningshastigheterna. De intervjuade angav att volymerna som hanterats på terminalerna hade fluktuerat under tiden som terminalerna hade funnits. Som ett resultat av förändrade volymer var både Stockarydsterminalen och Bastuträskterminalen i ett expansionsstadium där de har eller kommer att bygga ut terminalen för att möta framtidens efterfrågan.

Orsaken till den höga osäkerheten i investeringskostnaden för terminalen beror bland annat på att kostnaden för att anlägga en terminal är starkt beroende på platsens planförhållande, infrastruktur och geologi. Det är därför omöjligt att beräkna fram en korrekt platsspecifik kostnad för att bygga en terminal utan att veta dess geografiska placering. Beräkningen utgår även från den framräknade minsta terminalytan som krävs för att hantera respektive volym. Byggs terminalerna större påverkar det kostnaden. Skulle det finnas mer indata skulle osäkerheten minska. Kostnaderna för mätsystem är beräknat utifrån dagens priser och kan förändras i framtiden. Vissa indata är även skattade varför studien endast ger en grov indikation över kostnaderna. I bilaga 3 redovisas vilka data som är skattade. Det är viktigt att komma ihåg att de ekonomiska beräkningarna i denna studie endast berör kostnader som uppstår på terminalen. Det tillkommer kostnader vid t.ex. järnvägsanslutningen till stambanan samt väganslutningen till vägnätet. När spåren anlägg kan det med fördel byggas av begagnat material som t.ex. slipers och räl. Är det svårt att få tag på begagnat material finns det idag fler miljömässigt fördelaktiga alternativ till betongslipers. Ett exempel är slipers som är gjorda av återvunnen plast. Dessa används idag på några platser i Sverige, en av dessa är virkesterminalen i Storuman.

Skulle det uppstå problem att fylla terminalen med egna volymer finns det alltid möjlighet att hyra ut en del av terminalytan. Detta är någon som skulle kunna undersökas djupare i en framtida studie.

Om terminalen även ska hantera flis måste layouten anpassas till flishantering. Flisstackens placering påverkas av flera faktorer. Den största påverkande faktorn är hur stor volym som ska hanteras. Vid stora volymer måste ytan för flis bli större. Ett alternativ är att lagra flisen på utsidan av ena spåret och hantera alla fliståg på det spåret. Skulle flishanteringen få en stor andel

av årsvolymen skulle det kunna vara intressant att undersöka om ett system av bandtransportörer kan användas. Detta skulle minska behovet av maskiner och arbetstid då lastbilschaufförerna själva kan lasta av flisen direkt på bandet och transporteras iväg och hamna i en i förväg bestämd flishög. En annan faktor som påverkar placeringen av flisen är hur tågen som ska lastas är uppdelade. Är alla vagnar eller bara en del av vagnarna flisvagnar? Skulle endast en del av vagnarna vara flisanpassade bör flisvältan placeras i förhållande till de flisanpassade vagnarnas placering.

Ytan är framtagen utifrån information från intervjuerna och litteraturen. Här skulle det ha varit möjligt att räkna fram en mer exakt yta som krävs genom att studera de redan existerande terminalernas lager. Det skiljer endast två hektar i storlek mellan den minsta terminalen och den största. En stor del av terminalytan nyttjas alltså inte till lagring utan till andra aktiviteter på terminalen.

Spjuts (2019) och Sahléns (2020) studier kom fram till att medeltransportavståndet för maskinerna på terminalen hade stor påverkan på kostnaderna. Därför placerades vältorna och flishögen parallellt med spåret för att minimera medeltransportavståndet. Detta synes gälla även om risken för inlåsning ökar.

Kons (2019) studie om terminaler kom fram till flera överväganden som bör tas vid en nykonstruktion av en terminal. Det finns inte en enskilt avgörande faktor utan flera faktorer påverkar designen. Terminalens långa livslängd, uppemot 50 år, leder till att det är bättre att designa terminalen ordentligt då designen kommer att påverka terminalen under lång tid. De resultat som studien kom fram till överensstämmer väl med de resultat som presenteras i denna studie.

Kostnaderna för maskinparken är inhämtad från Skärberg & Sundström (2017) studie och kan därför skilja sig från dagens priser. Flertalet av terminalerna hade en gammal reservmaskin som är avskriven och endast tas in när behov finns. Detta har framkommit både vid intervjuerna och i litteraturen (Enström, 2013).

Maskinbehovet det vill säga lossnings och lastningskapacitet är framräknat utifrån information som är inhämtad från intervjuer och litteraturen. Här skulle det ha varit möjligt att likt Berglund (2014) göra tidsstudier på respektive maskin för att få fram ett värde på hur mycket varje maskintyp klarar av att hantera per tidsenhet, utifrån det bestämma maskinbehovet. Som en konsekvens av att ingen tidsstudie gjorts har indatat högre osäkerhet, vilket

leder till att resultatet som presenteras kan variera. De studier som legat till grund för beräkandet av maskinbehovet har inte haft helt identiska förutsättningar. Berglund (2014) tidsstudie som ingått i det litterära underlaget har t.ex. analyserat maskinernas rörelser på ett sågverk.

Terminalen är designad utifrån svenska förhållanden. Resultatet är dock tillämpbar över hela världen där motsvarande skogsbruk bedrivs. Kostnader och mätmetoder som berörs i studien är baserade på svenska förutsättningar vilket skiljer sig från övriga världen i olika avseenden.

4.4 Studien trovärdighet

I denna studie dras inga statistiska slutsatser, utan syftet är att ge en ökad förståelse för hur en terminal bör designas. Enligt Baumeister & Leary får ofta de studier som författaren tycker är bäst större vikt i studien, varför det finns risk att urvalet i denna studie kan vara subjektivt.

Validitet är hur väl resultatet av studien speglar studiens uppställda syfte och frågeställning (Svensson, 1996). Då denna studie till stor del baseras på litteratur finns det en risk för att validiteten blir låg, detta då syftet och frågeställningarna i de studerade artiklarna skiljer sig mot de syfte och frågeställningar som denna studie har. För att motverka detta är indata för denna studie både litteratur och intervjuer där avsikten är att de olika kunskapskällorna ska komplettera varandra vilket leder till att validiteten stärks. Under intervjuerna försöktes hela tiden kontrolleras så att den intervjuade uppfattade frågorna korrekt. Upplevdes att de missuppfattat frågan ställdes följdfrågor för att få så korrekt underlag som möjligt till analysen.

Reliabilitet är en metod för att säkerställa att studien ger liknande resultat oberoende på vem som utför studien (Wikström 2013). All tillgänglig teori har inte ingått i denna studie, det kan därför inte med säkerhet sägas att en liknande studie i framtiden kommer komma fram till identiska slutsatser. Studierna i denna undersökning är publicerade i väl renommerade tidskrifter, varför deras reliabilitet bör vara god. De studier som studeras har alla kommit fram till likvärdiga resultat. Det är ingen av studierna som har skiljt sig i någon större omfattning från varandra.

4.5 Osäkerheter i studien

Den ekonomiska delen i denna studie har högst osäkerhet. Den är främst kopplad till problemet att införskaffa korrekt indata. Ekonomin är något som varit känsligt och hemlighållits både när de kommer till dem som intervjuats samt till litteraturen. Indata för de ekonomiska beräkningarna är till stor del historiska data. Ett resultat av detta kan vara att de ekonomiska beräkningarna är för låga i förhållande till dagens kostnader. Vissa kostnader som uppkommer vid byggnation av en terminal har inte denna studie tagit hänsyn till t.ex. tillståndskostnader och markkostnader. Detta leder till att kostnaderna som redovisas i resultatdelen kan variera. Med största sannolikhet blir det dyrare. Störst osäkerhet har investeringskostnaden beroende på den stora skillnaden utifrån vilken geografisk placering som terminalen har, vilket är något som denna studie inte tagit hänsyn till. Ska denna studie användas som underlag vid designandet av en terminal bör ytterligare studier utföras kring den ekonomiska biten för att få ett bättre underlag till besluten.

Driftkostnaderna är skattade utifrån Skärberg och Sundströms (2017) studie. Detta resulterar i att osäkerheten för driftkostnaderna är hög, vilket kan leda till missvisande ekonomiska beräkningar.

Den ekonomiska beräkningen för kostnaden av maskinparken är kraftigt förenklad, detta för att det varit svårt att få fram de ekonomiska uppgifter som krävs för att göra en fullständig analys då det varit svårt att få fram ett värde som är direktjämförbart mellan de olika maskinparkerna. Denna beräkning ger en osäkerhet i studien då det endast ger en indikation av den faktiska kostnaden.

De ingående volymerna som har legat till grund för arbetet har varit totalvolym, alltså inte uppdelade per sortiment. Detta har resulterat i att placeringen av vältorna och flishögen endast är en indikation på hur de kan placeras. Är fördelningen mellan sortimenten kända kan en mer högupplöst placering av volymerna presenteras.

Flera av de som intervjuades svarade att slutna terminaler var att föredra om det är stora volymer som ska transporteras. Även vid tillgång till så stora volymer som terminalen är anpassad för och att terminalen planeras att nyttjas året runt är slutna terminaler att föredra. När det inte finns tillräckligt stora volymer för att fylla en sluten terminal fullt ut är det bättre att istället omvandla den till en öppen terminal. Med en sluten terminal finns möjlighet för företaget att själv bestämma hur mycket virke som ska lagras, när tågen ska lastas samt hur länge virket ska lagras på terminalen. Med en sluten terminal

finns även möjlighet att kontrollera andra företags verksamheter samt att det finns större möjlighet att köpa stora volymer till rätt pris (Enström, 2013). En öppen terminal är dock mer kostnadseffektiv, främst på grund av möjligheterna till samlastning och returer (Enström, 2013).

4.6 Framtida studier

Det övergripande resultatet i studien, hur en terminal ska designas utifrån olika årliga transportvolymer är ett relativt ostuderat ämne speciellt i Sverige. Med denna studie som grund finns det goda möjligheter att i framtiden bedriva vidare forskning inom ämnet. Det behövs fler studier för att få en helhetsbild över allt som krävs vid byggnation av en terminal t.ex. noggrannare ekonomisk analys, analys över geografisk placering av terminalen och en analys på designen när alla variabler är kända.

En viktig aspekt som inte har berörts i denna studie och som skulle behöva undersökas är spåren mellan gudrunbryggan och stambanan. En stor del av kostnaden uppkommer vid anslutningen till stambanan (Evebring, 2019). Ett exempel på en effektiv anslutning till stambanan är Stockarydsterminalen anslutning. De har ett triangelspår mellan stambanan och terminalen som ger en bra möjlighet till extrainkomster då det erbjuder möjligheter till vändning av externa tåg. Anslutningen till stambanan är designad med ett rakt spår ut på stambanan i nordlig riktning då majoriteten av deras avgående tåg går norrut. De tåg som ska söderut måste ut på ett sidospår parallellt med stambanan, backa upp på stambanan för att sedan köras söderut. Det gör att tidsåtgången för södergående tåg är avsevärt mycket större än för de norrgående.

En intressant frågeställning som kan studeras vidare är var terminalen rent geografiskt bör placeras utifrån Holmen Skogs krav och behov.

En annan intressant frågeställning kan vara att analysera den ekonomiska nyttan av att bygga en terminal jämfört med en regional försäljning av virket.

En tredje intressant frågeställning kan vara att ta fram ett ramverk för designing av skogsterminaler. En vidare utveckling av ramverket i denna studie.

5 Slutsatser

- Kostnaden för att anlägga en terminal är starkt beroende på bland annat platsens planförhållande, infrastruktur och geologi.
- Kostnaden per hanterad kubikmeter minskar för de större terminalförslagen, dock ökar den totala kostnaden.
- Det är viktigt att ha i åtanke att bygga terminalerna för framtidens behov, då terminalens livslängd är lång.
- Terminaler krävs för att öka antalet transporter av skogsprodukter på järnväg.
- Det behövs ytterligare studier för att få ett bra underlag inför byggnationen av terminalen.

Referenslista

- Amini, Shayan & Frykfors, Alexis (2018). Utformandet av en lagerdesign med hänsyn till artiklar med behov. Södertälje: KTH
- Anerud, E., Krigstin, S., Routa, J., Brännström, H., Arshadi, M., Helmeste, C., Bergström, D. & Egnell, G. (2019) Dry matter losses during biomass storage. Measures to minimize feedstock degradation. IEA Bioenergy, 43
- Asmoarp, Victor (2013) Terminalstrategier för skogsflis på Södra Skogsenergi. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Baker, P., & Canessa, M. (2009). Warehouse design: A structured approach. *European Journal of Operational Research*, 193(2), 425-436.
- Baumeister, R.F. & Leary, M.R. (1997). Writing Narrative Literature Reviews. *Review of General Psychology*. vol. 1 (3), ss. 311-320.
- Berglund, M. (2014). Logistisk optimering av timmerplan – En fallstudie av Kåge såg. Institutionen för skogens produkter. SLU. Uppsala. (Examensarbete 2014:135)..
- Börjegen, Malin (2011) Utvärdering av framtida mätmetoder. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Denscombe, M. (2000). *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Lund: Studentlitteratur.
- Dramm, J. R., Govett, R., Bilek, T. and Jackson, G. L. Log sort yard economics, planning and Feasibility. Madison WI: U.S. Department of Agriculture.
- Edlund, Björn (2014). Beslutsstöd för virkeshandel och flödesplanering vidareutveckling av NETRA. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Ejlersson, G. (2005). *Enkäter i praktiken – En handbok i enkätmetodik*. 2. Uppl. Lund. Studentlitteratur AB.
- Enström, Johanna (2009) Terminalhantering för effektivare järnvägstransporter av skogsbränsle. Uppsala: Skogforsk.
- Enström, J., Athanassias, D., Grönlund Ö. & Öhman, M. (2013). Framgångsfaktorer för större skogsbränsleterminaler. Uppsala: Skogforsk.

- Green, N.B., Johnson, D.C. & Adams, A. (2006). Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: Secrets of the trade. *Journal of Chiropractic Medicine*. vol. 5 (3), ss. 101-113.
- Holmen (2019a). Holmen väljer Green Cargos klimatsmarta tåg Tillgängligt: <https://www.holmen.com/sv/nyhetsrum/nyhetsrum/pressmeddelanden/2019/holmen-valjer-green-cargos-klimatsmarta-tag/> [2019-09-09]
- Huka, Maria & Gronalt, Manfred (2018) Log yard logistics. *Silva Fennica*. [Online] 52 (4), .
- Jirjis, R., Lehtikangas, P., Oskarsson, R. (1993). Terminallagring av bränsleflis. *Vattenfall research* 21, 1-25
- Johnson, Dana M et al. (2012) Methods for optimally locating a forest biomass-to-biofuel facility. *Biofuels*. [Online] 3 (4), 489–503. [online]. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.4155/bfs.12.34>.
- Jonsson, P., & Mattson, S. (2011). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden* (2., [rev.] uppl. ed.). Lund: Studentlitteratur.
- Jonsson, P., & Mattson, S. (2016). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden* (3., [rev.] uppl. ed.). Lund: Studentlitteratur.
- Juntikka, M. (2018). Virkeskrönikan: Virke och digitalisering. *Skogsvärden* nr 3, 21 september
- Kons, Kalvis (2019). Management of forest biomass terminals. Swedish University of Agricultural Sciences, Forest Biomaterials and Technology.
- Kons, Kalvis, Bergström, Dan, Eriksson, Ulf, Athanassiadis, Dimitris & Nordfjell, Tomas (2014). Characteristics of Swedish forest biomass terminals for energy. *International Journal of Forest Engineering*, vol. 25 (3), pp. 238–246 Taylor & Francis. DOI: <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.980494>
- Kühmaier, Martin et al. (2016) Comparison of costs of different terminal layouts for fuel wood storage. *Renewable Energy*. [Online] 87 (P1), 544–551.
- Larsson, J. (2018) Analys av den totala logistikkostnader för olika råvaruförsörjningsstrategier till Tunadals sågverk Umeå: SLU
- Letser, M. (2018). Skogsaffärer framtidsspaning. *Skogens värden*, April 2018.
- Lindström, Elin (2010). Utveckling av differentierade transportersättningar för rundvirkestransporter med lastbil. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lumsden, K. (2006). *Logistikens grunder* (2.,[utök. och uppdaterade] uppl. Ed.) Lund: studentlitteratur.
- Lumsden, K. (2012). *Logistikens grunder* (3.,[utök. och uppdaterade] uppl. Ed.) Lund: studentlitteratur.
- Lundahl, C. G. Loggning och optimering av timmerhantering. (2009). Skellefteå: Luleå tekniska universitet. Avdelningen för träteknik.

- Mohsen (2002). A framework for the design of warehouse layout. *Facilities*, vol. 20 (13/14), pp. 432–440 MCB UP Ltd.
- Ranta, T et al. (2012). Forest Biomass Availability Analysis and Large-Scale Supply Options. *Open Journal of Forestry*, 2, 33-40.
- Sahlén, A. (2020) Utvärdering av arbetsmetoder för lastning av returträflis på tåg. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- SDC (2018). SDC årsredovisning 2017
- Skärberg, Erik & Sundström, Linnea (2017) Lönsamhetsanalys av maskininvestering på virkesterminal. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Spjut, V. (2018) En analys över Bastuträskterminalens internlogistik Umeå: SLU
- Svensson, Per-Gunnar & Starrin, Bengt (1996) Kvalitativa studier i teori och praktik. Lund: Studentlitteratur.
- Söderström, J. (2010). Terminaler – behövs dom? [online] Sundsvall. Available at: <https://docplayer.se/4729273-Terminaler-behovs-dom.html> [Accessed 4 Nov. 2019].
- Tompkins, J.A. (2010) *Facilities planning*. Upplaga 4. Hoboken, NJ: John Wiley distributor.
- Trzcianowska, Marta, Lebel, Luc & Beaudoin, Daniel (2019a). Current Practices in Log Yard Design and Operations in the Province of Quebec, Canada. *Forest Products Journal*, vol 69, No. 4.
- Trzcianowska, Marta, Lebel, Luc & Beaudoin, Daniel (2019b). Performance analysis of log yards using data envelopment analysis. *International Journal of Forest Engineering*, vol. 30 (2), pp. 144–154 Taylor & Francis.
- Törnqvist, P., Lundberg, M., Larsson M. & Lundberg, S. (2016) Industrispår I Rundvik – Nyttor, kostnader och strategi för fortsatt arbete. Nordmaling: Nordmalings kommun.
- Ulrich J. Wolfsmayr et al. (2016) Evaluating primary forest fuel rail terminals with discrete event simulation: A case study from Austria. *Annals of Forest Research*. [Online] 59 (1), 145–164.
- Virkkunen et al. (2015) Solid biomass fuel terminal concepts and a cost analysis of a satellite terminal. [Online]. Unpublished.
- Virkkunen, Matti et al. (2016) Cost analysis of a satellite terminal for forest fuel supply in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*. [Online] 31 (2), 175–182. [online]. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02827581.2015.1082617>.
- Wikström, Christina (2013). *Konsten att göra bra prov: vad lärare behöver veta om kunskapsmätning*. 1. utg. Stockholm: Natur & Kultur

Personlig kommunikation

Conny Nordendahl, Näringslivsutvecklare, Rundviks kommun (2019-11-11)

Göran From, Virkesstrateg, Holmen Skog (2019-10-15)

Olle Pettersson, VD, Trätåg (2019-10-17)

Per-Henrik Evebring, Konsult, Njudung LogistikPartner AB (2019-10-09)

Per Rud-Petersen, Platschef, Bastuträskterminalen (2019-10-22)

Ingrid Ejderud Nygren, Utvecklingsstrateg, Norsjö kommun (2019-11-04)

Anders Ahlberg, Leveransansvarig Mätplatssystem, Biometria (2019-12-06)

Pontus Lindberg, Projektledare, Mabema (2019-12-13)

Opublicerat material

Holmen (2019b). Holmen Skogs företagspresentation Redigerad [2019-06-30]

Internet

Lena Andersson (2019). Virkesmätning med artificiell intelligens Tillgänglig:
https://www.woodnet.se/article/view/667993/virkesmatning_med_artificiell_intelligens
[2020-01-07]

BioHub (2019). BioHub Model. Tillgänglig: <https://biofuelregion.se/biohubmodel/en/themes/>
(2019-11-12)

Birgitta Sannerdal (2014). Ljusnande framtid för svensk skogsindustri . Tillgänglig:
<https://www.atl.nu/skog/ljusnande-framtid-for-svensk-skogsindustri/> [2019-12-20]

Trafikverket <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/planera-person--och-godstransporter/Planera-godstransporter/langre-och-tyngre-tag/> (2019-11-05)

SPBI (2019) Priser & Skatter. Tillgänglig: <https://spbi.se/statistik/priser/diesel/> (2019-12-10)

Skogsstyrelsen (2014). Skogsstatistik årsbok 2014.Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig:
https://stud.epsilon.slu.se/14996/11/spjut_v_190917.pdf (2020-01-22)

Biometria (2020) Prislista Fjärrmätning 2020-1. Tillgänglig: <https://www.biometria.se/wp-content/uploads/2019/12/Prislista-Fj%C3%A4rrm%C3%A4tning-2020-1.pdf> (2020-01-09)

Mascus (2019). Maskiner och fordon. Tillgänglig: <https://www.mascus.se/> (2019-12-15)

Bilaga 1

Intervjufrågor

Varför byggdes terminalen? Och vad fanns det för krav på designen?

1. Vad skulle hanteras på terminalen?
2. Varför designades den som den gjorde?
3. Vilken årsvolym var planen att terminalen skulle hantera?
4. Varför valdes den nuvarande maskinparken?

Kan ni berätta lite bakgrundsinformation om er terminal?

1. Hur stor volym hanterar terminalen?
2. Hur många tåg/lastbilar hanterar ni i veckan?
3. Hur stora är tågen som ni hanterar?
4. Har ni ett eller flera spår på terminalområdet? Varför?
5. Vilken mätmetod använder ni er av på terminalen? Varför?
6. Hur rör sig virket på terminalen? Varför?
7. Hur lång tid tar det att lasta ett tåg?
8. Hur många anställda krävs det för att hålla terminalen i rullning?
9. Hur har ni det med maskinkapacitet?
10. Hur går städningen till?

Hur är er strategi när det kommer till intransporten och lagerhållning.

1. Styr ni intransporten för att passa mot tågen?
2. Hur går informationsflödet på terminalen?
3. Vad har ni för lagersystem? Varför? (ex FIFU, Lagrar ni virket? Flytande eller fast lager?)

Har ni gjort några förändringar på terminalen? Planerar ni att göra något i framtiden?

1. Vad har ni gjort för investeringar/ förbättringar sedan terminalen uppfördes?
2. Vad är er nästa investering när det kommer till lagerutformningen?
3. Finns det något som ni är väldigt nöjda designmässigt?
4. Finns det något som ni önskar vore annorlunda när det kommer till designen på terminalen?
5. Om ni skulle få designa om terminalen idag, vad skulle ni behålla?
6. Om ni skulle få designa om terminalen idag, vad skulle ni förändra?

Har ni några svårigheter som kan uppstå?

1. Vilket sortiment tar längst tid att hantera?
2. Vilket sortiment uppstår mest problem med?
3. Är er maskinkapacitet tillräcklig?
4. Hur ofta sker det att maskinerna inte hinner med/ har för lite att göra?
5. Vad är det mest tidskrävande arbetet på terminalen och hur kan det förebyggas?
6. Vad ser ni för fördelar och nackdelar med att vara en öppen/sluten terminal?

7. Vad är den största flaskhalsen?

Övriga frågor

1. Har ni den ekonomiska budgeten samt utfallet på terminalbygget?

Bilaga 2



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Skogsfakulteten
Institutionen för skogens biomaterial och
teknologi

2019-10-15

SLU ID: SLU.1.10.11.19

1 av 2

Personuppgiftsbehandling i studentarbeten

När du medverkar i arbetet med Erik Westins masteruppsats (Designförslag för Holmen Skogs nya virkesterminal i norra Sverige, preliminär titel), innebär det att SLU behandlar dina personuppgifter. Att ge SLU ditt samtycke är helt frivilligt, men utan behandlingen av dina personuppgifter kan inte forskningen genomföras. Denna blankett syftar till att ge dig all information som behövs för att du ska kunna ta ställning till om du vill ge ditt samtycke till att SLU hanterar dina personuppgifter eller inte.

Du har alltid rätt att ta tillbaka ditt samtycke utan att behöva ge några skäl för detta. SLU är ansvarig för behandlingen av dina personuppgifter, och du når SLUs dataskyddsombud på dataskydd@slu.se eller via 018-67 20 90. Din kontaktperson för detta arbete är:

Student – Erik Westin, [redacted]

Handledare (SLU) – Dan Bergström, [redacted]

Handledare (Holmen) – Göran From, [redacted]

Vi samlar in följande uppgifter om dig:

- Ditt namn
- Dina uttalanden vid vår(a) intervju(er)
- Uttalanden från andra forum som komplement till intervju(er) (t.ex. genom e-post, telefon etc.)

Ändamålet med behandlingen av dina personuppgifter är att SLUs student ska kunna genomföra sitt examensarbete enligt korrekt vetenskaplig metod.

Om du vill läsa mer information om hur SLU behandlar personuppgifter och om dina rättigheter kan du hitta den informationen på www.slu.se/personuppgifter.

Bilaga 3

Indata	Värde	Osäkerhetsintervall	Referens
Investeringskostnad Höglyft	2,8 miljoner (kr)	± 10%	Skärberg och Sundströms (2017) och Mascus (2019)
Investeringskostnad Materialhanterare	3 miljoner (kr)	± 10%	Skärberg och Sundströms (2017) och Mascus (2019)
Investeringskostnad Hjullastare	2 miljoner (kr)	± 10%	Mascus (2019)
SDC-rigg + våg (Investeringskostnad + rörlig kostnad*)	640 000 + 152 000/år (kr)	± 5%	Ahlberg (2019)
Cind-rigg + våg för hantering av 300 000 kubik (Investeringskostnad + rörlig kostnad*)	2 miljoner + 100 000/år (kr)	± 5%	From (2019)
Cind-rigg + våg för hantering av 500 000 kubik (Investeringskostnad + rörlig kostnad*)	2,5 miljoner + 125 000/år (kr)	± 5%	From (2019)
Cind-rigg + våg för hantering av 700 000 kubik (Investeringskostnad + rörlig kostnad*)	3 miljoner + 150 000/år (kr)	± 5%	From (2019)
Mabema-rigg + våg för hantering av 300 000 kubik (Investeringskostnad + rörlig kostnad*)	4,5 miljoner + 100 000/år (kr)	± 5%	Lindberg (2019)
Mabema-rigg + våg för hantering av 500 000 kubik (Investeringskostnad + rörlig kostnad*)	4,5 miljoner + 162 000/år (kr)	± 5%	Lindberg (2019)
Mabema-rigg + våg för hantering av 700 000 kubik (Investeringskostnad + rörlig kostnad*)	4,5 miljoner + 225 000/år (kr)	± 5%	Lindberg (2019)

Arealsåtgång virkeslagring	8 000 – 12 000 m ³ fub/ha		Petterson (2019) och Skärberg och Sundströms (2017)
Arealsåtgång flislagring	8000 m ³ fub/ha	± 20%	Virkkunen , et al.,(2015)
Arealsåtgång spår och körvägar	15 m i bredd för virkeshantering på ena sida spåret, 18m i bredd för virkeshantering på båda sidor spåret.	± 20%	Kühmaier et al.,(2016) Evebring (2019)
Arealsåtgång övrigt, (mätning, personalutrymmen, ytor för städmaterial/snö, körvägar mellan spåren och mätningen)	2 ha	±20%	Skattat utifrån satellitbildanalys över existerande terminaler.
Kostnad byggnation av terminal	6,5 miljoner/hektar	±20%	Törnqvist, et al.,(2016) Ejderud Nygren (2019)
Servicekostnad per år	5% av investeringskostnad		Holmen Skog
Grundpris för mätning	55 kr per RNR	-	Biometria (2020)
Prisreduktion SDC-rigg	0 kr	-	Biometria (2020)
Prisreduktion Cind-rigg	5 kr	-	Biometria (2020)
Prisreduktion Mabema-rigg	15 kr	-	Biometria (2020)
Ekonomisk livslängd maskin	7 år	-	Skärberg & Sundström (2017)
Ekonomisk livslängd terminal	50 år	-	Biohub (2019)
Tidsåtgång SDC-rigg	Cirka 2 minuter	-	Ahlberg (2019)
Tidsåtgång Cind-rigg	<1 minut	-	From (2019)
Tidsåtgång Mabema-rigg	<1 minut	-	Lindberg (2019)
Restvärde maskiner	25%		Skärberg & Sundström (2017)
Antalet heltidsanställda på 00- och 500 000 kubiksterminalen	3		Evebring (2019) och Petersen (2019)
Antal heltidsanställda på 700 000 kubiksterminalen	4		Evebring (2019)

Antal heltidsanställda maskinförare 300- och 500 000 kubiksterminalen	2		Evebring (2019) och Petersen (2019)
Antal heltidsanställda maskinförare 700 000 kubiksterminalen	3		Evebring (2019)
Årslön per anställd	670 000 kr	±10%	Skattad utifrån Skärberg & Sundström (2017)
Bränsleåtgång	25 liter/timme	±10%	Skärberg & Sundström (2017)
Dieselpri	12,5 kr/liter ex moms	±10%	SPBI (2019)
Vedvolymprocent	60%		Skattat värde
Snittvolym per RNR för Holmen Skog i region nord	38 m ³ fub		From (2019)
Utnyttjandegraden	50, 75 eller 100 %		
Årsarbetstid	2080 timmar		

* Rörlig kostnad innefattar service-, drift- och underhållskostnader.

Bilaga 4

Nr	Referens	Sammanfattat syfte	Titel
1	Kühmaier et al (2016)	Definiera olika terminaledesigner utifrån krav för energivedslagring. En ekonomisk analys för små, mellan och stora terminaler.	Comparison of costs of different terminal layouts for fuel wood storage.
2	Virkkunen et al (2016)	Studera olika kostnadsfaktorer och presentera en detaljerad kostnadsanalys för en satellitterminal.	Cost analysis of a satellite terminal for forest fuel supply in Finland.
3	Asmoarp (2013)	Skapa en strategi för södra skogsägarna hur terminalen ska användas och placeras i logistikkedjan.	Terminalstrategier för skogsflis på Södra Skogsenergi
4	Huka & Gronalt 2018	Att samla existerande litteratur om terminallogistik och dela problemen i strukturella problem och planeringsproblem	Log yard logistics
5	Biohub (2019)		
6	Ranta et al (2012)	Metoder för att utvärdera tillgänglighet och hanteringskostnader att leverera till utvalda bioraffinaderi.	Forest Biomass Availability Analysis and Large-Scale Supply Options.
7	Skärberg & Sundström (2017)	Undersöka lönsamheten att investera i en egen vedtruck istället för att nyttja entreprenörer.	Lönsamhetsanalys av maskininvestering på virkesterminal.
8	Virkkunen et al (2015)	Beskriva och designa en ny terminal för biomassa.	Solid biomass fuel terminal concepts and a cost analysis of a satellite terminal.
9	Wolfsmayer et al (2015)	Undersöka potentialen av existerande infrastruktur för introducering av primära skogsbränslen.	Evaluating primary forest fuel rail terminals with discrete event simulation: A case study from Austria.
10	Törnqvist et al (2016)	Presentera motiven för en utbyggnad av ett industrispår.	Industrispår I Rundvik – Nyttor, kostnader och strategi för fortsatt arbete
11	Larsson (2018)	Utreda vilken potential det finns till att sänka den totala logistikkostnaden för grantimmerförsörjningen till Tunadals sågverk	Analys av den totala logistikkostnader för olika råvaruförsörjningsstrategier till Tunadals sågverk
12	Enström et al (2013)	Beskriva förutsättningarna för en lyckad terminalsatsning utifrån det skogsägande företagets, energiföretagets och det fristående logistikföretagets perspektiv.	Framgångsfaktorer för större skogsbränsleterminaler.
13	Berglund (2014)	Utvärdera och utveckla arbetet på Kåge sågs timmerplan.	Logistisk optimering av timmerplan – En fallstudie av Kåge såg

14	Trzcianowska, M et al. (2019a)	Dokumentera egenskaper på nuvarande terminaler, utvärdera påverkan av säsongsvariationer på terminaler och identifiera flaskhalsar på terminaler.	Current Practices in Log Yard Design and Operations in the Province of Quebec, Canada
15	Kons (2019)	Förbättra förståelsen för hur terminaler fungerar och förklara terminalernas roll i flödet.	Management of Forest Biomass Terminals
16	Sahlén (2020)	Att utvärdera två olika arbetsmetoder vid lastning av returträflis på tåg.	Utvärdering av arbetsmetoder för lastning av returträflis på tåg
17	Huka & Gronalt (2018)	Samla litteratur som berör optimering av terminallogistik och dela upp problemen i strukturella och planeringsmässiga.	Log yard logistics
18	Johnson et al (2012)	Identifiera metoder och modeller för att hitta optimala platser för en biomassterminal.	Methods for optimally locating a forest biomass-to-biofuel facility
19	Söderström (2010)	Undersöka betydelsen av terminaler idag samt utvecklingspotentialen.	Terminaler – Behövs dom?
20	Kons et al (2014)	Karakterisera existerande biomassterminaler i Sverige utifrån lokalisering, storlek, sortimentsstruktur, infrastruktur och grundläggande hanteringsrutiner	Characteristics of Swedish forest biomass terminals for energy
21	Virkkunen et al. (2016)	Studera olika kostnadsfaktorer och presentera en kostnadsanalys för en satellit-terminal	Cost analysis of a satellite terminal for forest fuel supply in Finland
22	Spjut (2018)	Beskriva och kartlägga virkesflödet, skapa en produktivitetsmodell för maskinerna, modellera förslag på lagerdesign för att minimera inläsnings effekter.	En analys över Bastuträskterminalens internlogistik
23	Trzcianowska, M et al. (2019b)	Förbättra förståelse av terminalers effektivitet och vad som påverkar den.	Performance analysis of log yards using data envelopment analysis
24	Börjegren (2011)	Inventera metoder för obemannad mätning, analysera Holmens behov av obemannad mätning samt föreslå, för Holmen, lämpliga mätmetoder.	Utvärdering av framtida mätmetoder
25	Amini & Frykfors (2018)	Föreslå en lagerutformning när artikeln kännetecknas av ett behov	Utformandet av en lagerdesign med hänsyn till artiklar med behov